www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

4e JAARGANG NUMMER 10 OCTOBER 1939

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

RADIO-ONTVANGTOESTELLEN MET SCHUIFCONDENSATOREN

621.396.662.1 : 621.396.662.6

Ten behoeve van een gemakkelijke rechtstreeksche afstemming door drukknoppen is een nieuw soort afstemcondensator ontwikkeld, waarbij de variatie van de capaciteit niet door draaien, maar door rechtlijnig ten opzichte van elkaar verschuiven van twee plaatstelsels wordt verkregen. Enkele bijzonderheden van deze schuifcondensator worden in dit artikel beschreven, evenals een mechanisme van drukknopafstemming, waarin de schuifcondensator is toegepast. Bij herhaaldelijk neerdrukken van een drukknop wordt de bijbehoorende afstemming in het algemeen met een afwijking van hoogstens 0,5 kiloperioden/sec (in het ongunstigste golfgebied hoogstens 1 kper/sec) gereproduceerd. De maatregelen, waardoor deze hooge nauwkeurigheid verkregen is, worden aan het slot besproken.

Naast de gebruikelijke handafstemming wordt tegenwoordig in de radiotoestellen in toenemende mate een afstemming door drukknoppen toegepast, waarbij bepaalde stations niet opgezocht, maar eenvoudig ingeschakeld worden. Een jaar geleden zijn in dit tijdschrift [1]) de verschillende systemen behandeld, volgens welke een drukknopafstemming verwezenlijkt kan worden. Daarbij is gebleken, dat om verschillende redenen een mechanisch systeem de voorkeur verdient, dwz. een systeem, waarin het electrische gedeelte geheel ongewijzigd blijft en waarin de drukknoppen alleen door een aanslag de stand van de afstemcondensator bepalen. Er zijn dan nog twee mogelijkheden: de afstemcondensator kan rechtstreeks door de beweging van de drukknop in zijn eindstand gebracht worden; of de drukknop schakelt een motor in, die de afstemcondensator beweegt. De tweede methode veroorlooft een nog iets grootere precisie en een zeer lichte drukknopbeweging, maar vereischt ook een omvangrijker hulpapparaat dan de eerste. In het volgende willen we ons alleen met de eerste methode bezig houden, waarbij dus de drukknoppen rechtstreeks de afstemcondensator in beweging brengen.

Bij de gebruikelijke draaicondensatoren bestaat hier een zekere moeilijkheid door het feit, dat de condensatorplaten een groote hoek (in het algemeen 180°) moeten beschrijven, om de capaciteit van de minimum tot de maximum waarde te doen toenemen. Dientengevolge moet de drukknop een groote weg afleggen, of zijn beweging vereischt — wanneer men de weg door middel van een hefboomstelsel korter maakt — een groote kracht. Men zou de noodige hoekverdraaiing voor maximale capaciteit kleiner kunnen maken door de afstand tusschen de condensatorplaten te verminderen. Dan zou immers de vereischte maximale capaciteit reeds bij een kleiner oppervlak verkregen worden, zoodat de platen slechts met een kleinere hoek over elkaar behoeven te grijpen. Echter wordt hier al spoedig een grens gesteld door de doorbuiging, die in de condensatorplaten kan optreden en die bij een te kleine plaatafstand tot kortsluiting zou kunnen leiden.

Door Philips is nu een nieuwe afstemcondensator ontwikkeld, waarbij de genoemde beperking zich principieel veel minder doet gevoelen. De „platen" zijn hierbij niet vlak, maar gekromd, en hebben daardoor in een bepaalde richting een veel grooter weerstandsmoment tegen buiging. Het veranderen van het werkzame oppervlak van de condensator geschiedt nu niet door een draaiing, maar door een rechtlijnige verschuiving der plaatstelsels ten opzichte van elkaar. In dit artikel zal deze schuifcondensator en zijn toepassing in een systeem van drukknopafstemming nader worden beschreven.

De schuifcondensator

De twee plaatstelsels van de schuifcondensator

[1]) A. Horowitz en J. A. van Lammeren, Radio-ontvangtoestellen met drukknop-afstemming, Philips techn. T. **3**, 257, 1938.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

zijn in *fig. 1* afgebeeld. Elk stelsel bestaat uit een band van messing van 0,1 mm dikte, dat in de vorm van een spiraal van Archimedes is opgewikkeld

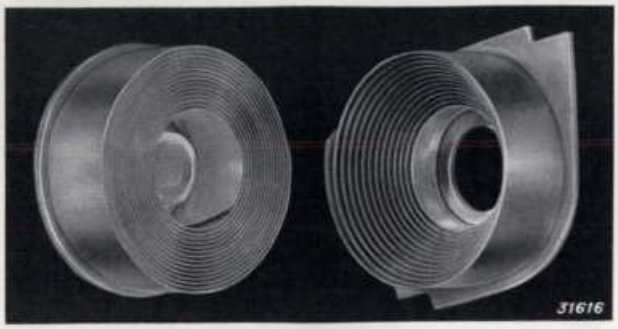


Fig. 1. De twee in elkaar passende plaatstelsels van de schuifcondensator. Ieder stelsel bestaat uit een band, dat in de vorm van een spiraal van Archimedes is opgewikkeld.

en op een grondplaat gesoldeerd. Heeft men twee geheel gelijke spiralen en draait men de ééne een halve slag, dan komen de windingen van de ééne spiraal precies in het midden tusschen de windingen van de andere te liggen (*fig. 2*). Dit volgt eenvoudig uit het feit, dat bij de spiraal van Archimedes de voerstraal evenredig is met de hoek. Twee lichamen met een dergelijke spiraalvormige doorsnede kunnen dus in elkaar geschoven worden, zonder contact te maken. De afstand tusschen de twee spiralen is gelijk aan de halve windingsafstand van een spiraal min de materiaaldikte en bedraagt in ons geval 0,2 mm. Deze zeer kleine afstand is toelaatbaar dank zij het reeds vermelde feit, dat de gekromde „platen" in radiale richting uiterst stijf zijn en derhalve de doorbuiging aan de vrije (niet op de grondplaat gesoldeerde) zijde ook

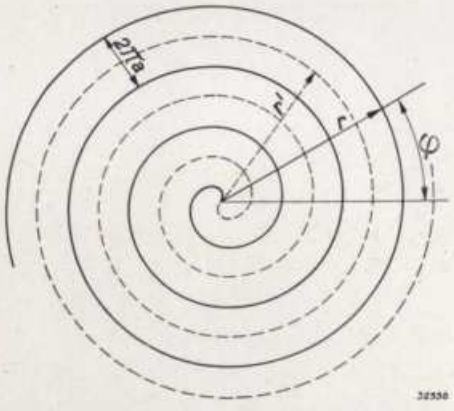


Fig. 2. Bij de spiraal van Archimedes neemt de voerstraal r evenredig met de hoek φ toe: $r = a \cdot \varphi$, waarbij a een constante is. De opeenvolgende windingen hebben de constante afstand $a \cdot 2\pi$. Een tweede, geheel identieke spiraal, die een halve slag gedraaid is (gestippeld aangegeven) heeft de vergelijking $r' = a \cdot (\varphi + \pi)$. De windingen van deze spiraal liggen derhalve juist in het midden tusschen de windingen van de eerste.

bij krachtige stooten verwaarloosbaar klein blijft. Bovendien treden door de lichte en compacte constructie geen groote massakrachten op. De onderste grens voor de toelaatbare plaatafstand wordt dan ook bij deze constructie veeleer voorgeschreven door de speling in de glijlagers en door de onvermijdelijke toleranties in de dikte van het messingband. Deze mogen voor een plaatafstand van 0,2 mm slechts 0,003 mm bedragen.

De plaatstelsels hebben een grootste diameter van ca. 35 mm. Dank zij de kleinheid van de onderlinge afstand der platen wordt de voor een frequentiegebied van 500 tot 1700 kper/sec benoodigde maximum capaciteit van ca. 500 $\mu\mu$F reeds verkregen, wanneer de twee plaatstelsels ongeveer 10 mm over elkaar heen grijpen. Een onderlinge verschuiving der twee condensatorgedeelten van slechts 10 mm is derhalve voldoende voor het bestrijken van het genoemde golfgebied.

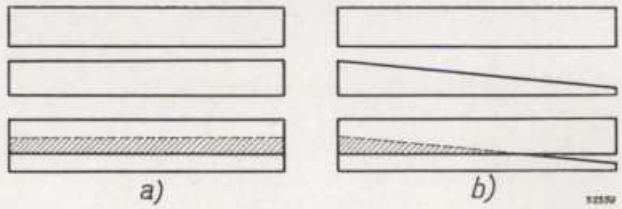


Fig. 3. a) Zijn de twee banden, waaruit door opwikkelen de spiralen ontstaan, beide rechthoekig afgesneden, dan is de capaciteit van de schuifcondensator evenredig met de lengte, waarover de twee gedeelten in elkaar worden geschoven.
b) Is de ééne der beide banden schuin afgesneden, dan verloopt de capaciteit, zoolang het ontstaande conische gedeelte (zie in fig. 1) van het spiraallichaam nog niet geheel door het andere plaatstelsel wordt overdekt, kwadratisch met de verschuiving.

De kleinheid van de maximale verschuiving maakt, dat voor het instellen van de condensator door een drukknop met een kleine weg en een kleine kracht kan worden volstaan. Zij brengt echter mede, dat de onderlinge stand der plaatstelsels voor een bepaalde frequentie zeer nauwkeurig voorgeschreven wordt. Eischt men, dat de afstemming met een afwijking van 0,5 kper/sec reproduceerbaar moet zijn — het is gebleken, dat dit voor de practijk ruim voldoende is —, dan moet, bij een lineair verband tusschen frequentie en verschuiving, de stand van het beweeglijke condensatorgedeelte op $10 \cdot 0{,}5/(1700-500) \approx 0{,}004$ mm nauwkeurig gedefinieerd zijn. De eisch wordt zwaarder, wanneer het verband tusschen frequentie en verschuiving niet lineair is, zoodat in een bepaald gedeelte van de schaal de met gelijke frequentieafstanden verdeelde zenders dichter naast elkaar komen te liggen. Zijn de twee messing banden, waaruit de plaatstelsels door opwikkelen ontstaan, recht afgesneden (*fig. 3a*), dan krijgt men inderdaad een

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

dergelijke opeenhooping der zenders in het gebied der kortere golflengten. Door *fig. 4a* is dit toegelicht. Geeft men echter het ééne condensatorlichaam een conische uitholling (op fig. 1 rechts zichtbaar), door nl. de ééne messing band schuin af te snijden (fig. 3*b*), dan kan het verband tusschen frequentie en verschuiving met behoorlijke benadering lineair gemaakt worden, en de zenders zijn geheel gelijkmatig over de geheele schaal verdeeld (verg. fig. 4*b*). Op deze wijze is bereikt, dat bij een afwijking van 0,005 mm van de condensatorstand de afwijking der frequentie in het grootste gedeelte van het geheele frequentiegebied hoogstens 0,5 kper/sec, in het ongunstigste frequentiegebied hoogstens 1 kper/sec bedraagt. De maatregelen, waardoor de genoemde nauwkeurigheid van de condensatorinstelling kon worden verkregen, zullen we aan het slot bespreken.

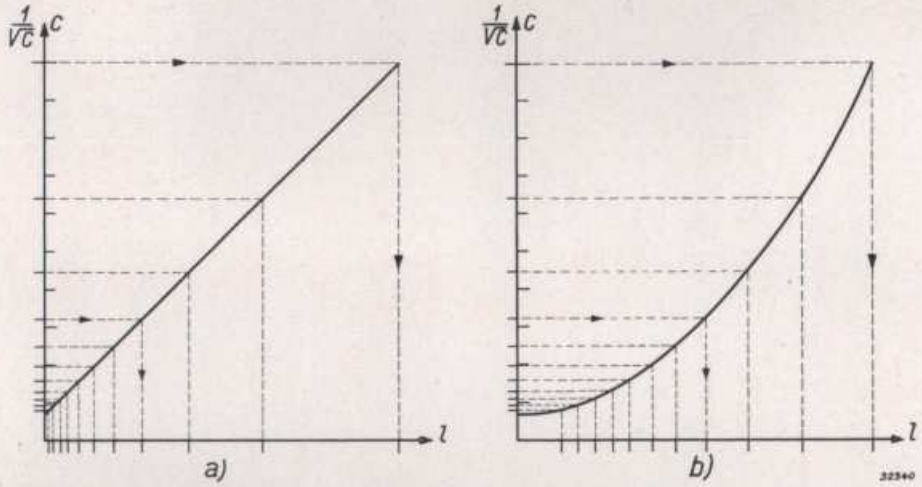


Fig. 4. *a*) De capaciteit C is uitgezet als functie van de verschuiving l, voor het geval van fig. 3*a*. Op de C-as zijn een aantal aequidistante waarden van $1/\sqrt{C}$ (dat is in wezen een serie van zenders met constant frequentieverschil) aangestipt. Projecteert men deze indeeling op de l-as, dan ziet men, dat de zenders zich aan de ééne zijde van de schaal ophoopen.
b) Hetzelfde als in *a*), geteekend voor het geval van fig. 3*b*. De zenders zijn nu behoorlijk gelijkmatig over de schaal verdeeld.

Voor het gelijktijdig afstemmen van verscheidene kringen wordt — evenals bij de draaicondensator — een aantal onderling gelijke condensatoren op dezelfde as gemonteerd. In *fig. 5* is een dergelijk systeem van drie schuifcondensatoren weergegeven. De drie onbeweeglijke, met isolatoren in het raam bevestigde condensatorgedeelten hebben een centrale opening, waardoor de stalen as loopt, die de drie beweeglijke plaatstelsels draagt. Bij de practische uitvoering is het van belang, dat de maximum capaciteit (capaciteit bij geheel in elkaar geschoven plaatstelsels) van elke condensator precies de voorgeschreven waarde heeft. Deze justeering kan bij de montage zeer eenvoudig verkregen worden door de twee spiralen van elke condensator ten opzichte van elkaar een weinig te verdraaien. De windingen van de ééne spiraal liggen dan niet meer precies in het midden tusschen de windingen van de andere. Draait men bijv. in fig. 2 de gestippelde spiraal een kleine hoek in de draairichting van de uurwijzer, dan ligt, wanneer men de windingen van deze spiraal van binnenuit volgt, de rechts aangrenzende winding steeds iets dichterbij, de links aangrenzende iets verderaf. Voor de capaciteit krijgt men hierdoor een soortgelijke verandering als in het eenvoudige geval van een plaatcondensator (zie *fig. 6a*), waarin een middenplaat ten opzichte van twee met elkander verbonden platen verschoven wordt. Hierbij verloopt de capaciteit, als in fig. 6*b* is aangegeven. Het is duidelijk, dat men door kleine verschuivingen (draaiingen van de spiraal) uit de stand in het midden de capaciteit nauwkeurig kan regelen.

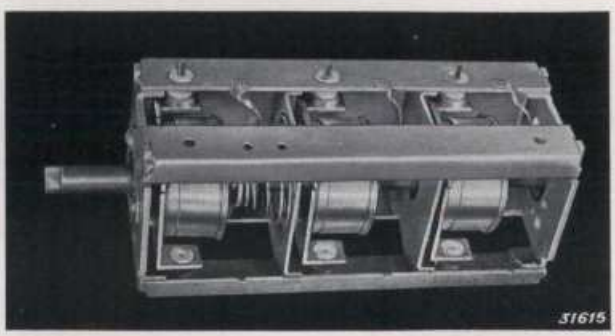


Fig. 5. Drie schuifcondensatoren, die een eenheid vormen. De drie beweeglijke plaatstelsels zijn op een gemeenschappelijke as gemonteerd, die door een krachtige veer (links tusschen eerste en tweede condensator te zien) steeds naar de stand van maximale capaciteit toe wordt gedrukt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

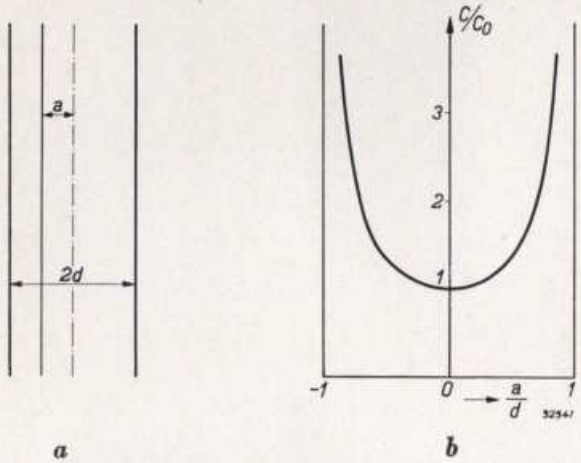


Fig. 6. a) Plaatcondensator, bestaande uit twee verbonden evenwijdige platen met een onderlinge afstand $2d$ en een verschuifbare middenplaat (afwijking a uit het midden).
b) Verloop van de capaciteit C bij verschuiving van de middenplaat. Is C_0 de capaciteit in het geval $a = 0$, dan is $C/C_0 = 1/(1-a^2/d^2)$. Door een geringe verschuiving van de middenplaat (aequivalent met een kleine draaiing van de één spiraal van de schuifcondensator) kan de capaciteit van de plaatcondensator (de maximum capaciteit van de schuifcondensator) zeer nauwkeurig worden ingesteld.

De drie beweeglijke plaatstelsels behoeven voor de meeste schakelingen niet van elkaar geïsoleerd te zijn. Zij worden dan rechtstreeks op de gemeenschappelijke as gesoldeerd. Voor de stroomtoevoer zijn zij door buigzame koperen bandjes met het raam verbonden. Zonder speciale maatregelen zou nog een tweede stroombaan van het raam naar de plaatstelsels aanwezig zijn via de as en de lagers, en de geleidbaarheid van deze stroombaan zou door het optreden van wisselende overgangsweerstanden varieeren, hetgeen voor de ontvangst van korte golven ongewenscht is. De lagers, waarin de condensatoras glijdt, zijn derhalve electrisch van het raam geïsoleerd.

Moeten de drie beweeglijke plaatstelsels wèl van elkaar geïsoleerd zijn, zooals bijv. in speciale schakelingen voor ontvangst van korte golven, dan wordt elk stelsel op een busje van isoleerend materiaal gemonteerd; door dit materiaal met een metaallaagje te bedekken, kan het gesoldeerd worden, zoodat de plaatstelsels stevig op de as bevestigd kunnen worden.

Het mechanisme van de drukknopafstemming

Fig. 7 geeft een overzicht van het geheele afstemmechanisme. We willen hier in het kort de belangrijkste details ervan bespreken.

De schuifcondensator wordt aangedreven op de wijze als in *fig. 8* voorgesteld. Een krachtige veer drukt de as met de drie beweeglijke condensatorhelften steeds in de richting van de stand met maximale capaciteit. Het uiteinde van de as is bolvormig afgerond en drukt tegen een kruk, die op een as zit, welke een lange schommel draagt. Vóór de schommel staan op een rij een aantal

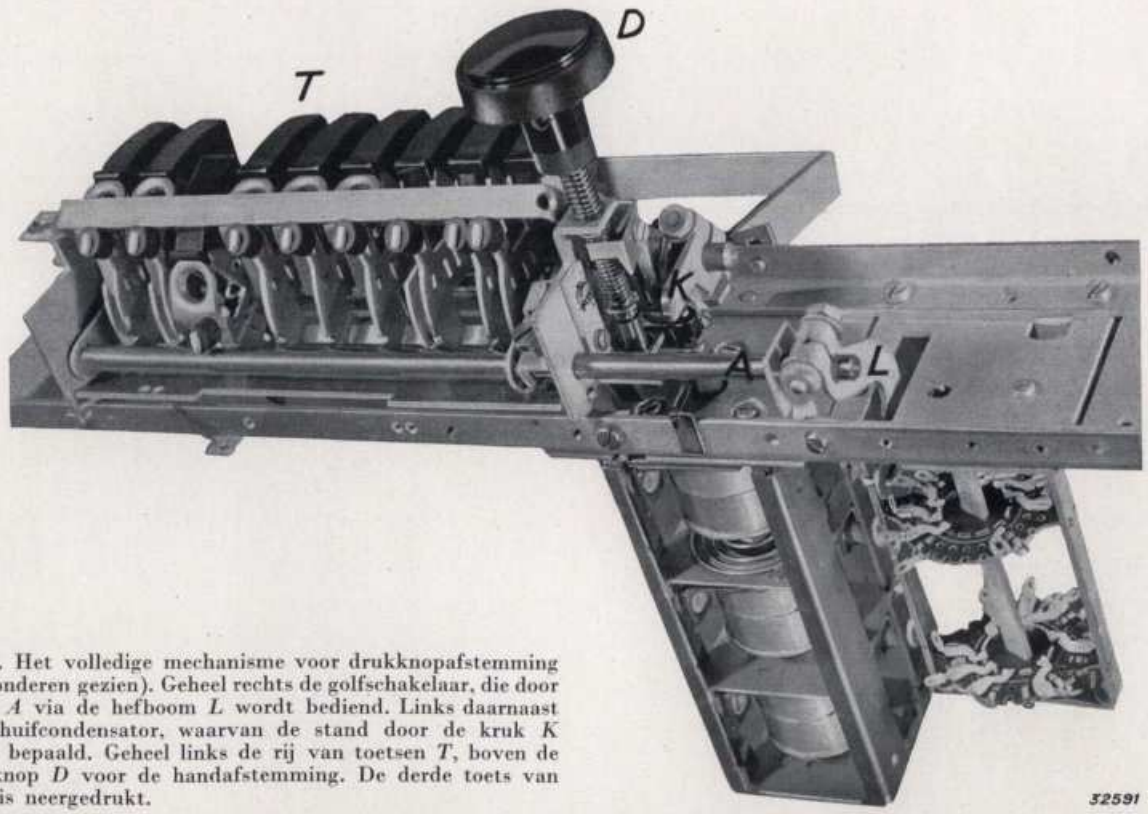


Fig. 7. Het volledige mechanisme voor drukknopafstemming (van onderen gezien). Geheel rechts de golfschakelaar, die door de as A via de hefboom L wordt bediend. Links daarnaast de schuifcondensator, waarvan de stand door de kruk K wordt bepaald. Geheel links de rij van toetsen T, boven de draaiknop D voor de handafstemming. De derde toets van links is neergedrukt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

toetsen. Wordt een toets neergedrukt, dan wordt de schommel een bepaalde hoek achteruit gedraaid en de kruk duwt de condensatoras in een bepaalde stand, die aan het gewenschte station beantwoordt. dan de stand van de schommel en daarmee van de schuifcondensator bepaalt, wordt gevormd door de punt van een schroef. De luisteraar kan deze schroef met behulp van een schroevendraaier min of meer

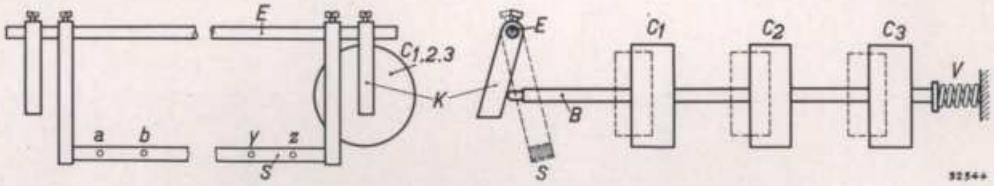


Fig. 8. Het bolvormig afgeronde uiteinde van de as B van de schuifcondensator wordt door een veer V tegen de kruk K aangedrukt. Deze kruk zit vast op een as E, die een schommel S draagt. Vóór deze schommel staat een rij drukknoppen, waarvan elk de schommel door een schroefpunt (drukkend tegen de punten $a, b, \ldots y, z$) een bepaalde hoek achteruit kan draaien, die aan een bepaalde stand van de condensatoren C_1, C_2, C_3 beantwoordt.

Op de as van de schommel is nog een tweede kruk aangebracht, die de wijzer van de stationsschaal beweegt. De schuifcondensator en de wijzer zijn dus, wat hun stand betreft, vast met elkaar gekoppeld.

In *fig. 9* is één der drukknoppen vereenvoudigd geteekend. Na het neerdrukken wordt de knop door een vergrendeling in een nauwkeurig gedefinieerde eindstand vastgehouden. De aanslag, die uitdraaien en zoodoende de beschikbare drukknoppen zelf instellen op de stations, waar hij het meest naar luistert.

Terwijl in het vroeger beschreven drukknopsysteem [1]) de luisteraar voor de keuze van het golfgebied nog een aparte schakelaar moest bedienen, vindt het omzetten van deze golfschakelaar nu automatisch plaats bij het neerdrukken van de stationstoets. Het mechanisme, waardoor dit wordt

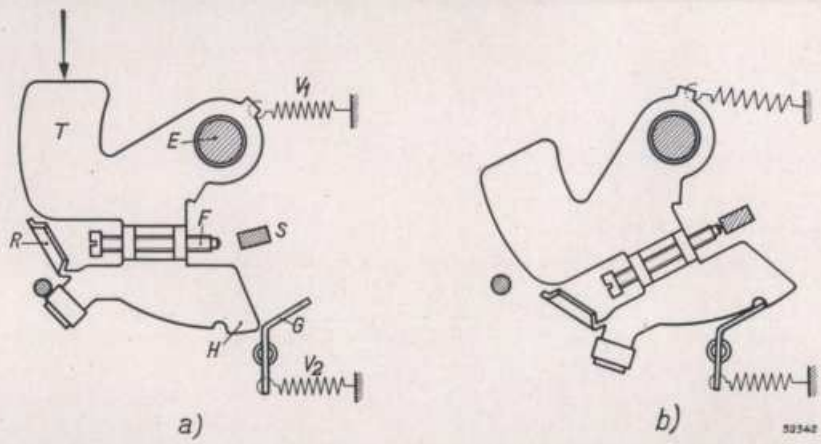


Fig. 9. Constructie van een der toetsen T (vereenvoudigd). De toets is draaibaar om de as E en wordt door de veer V_1 in de ruststand (a) getrokken. Wordt de toets in de pijlrichting naar beneden gedrukt, dan duwt de punt van de schroef F de schommel S achteruit. De eindstand (b) van de toets is bepaald door de vergrendeling G. Bij het neerdrukken van de toets wordt eerst de balk G iets achteruit gedraaid, zoodat een eventueel reeds ingedrukte andere toets lossspringt. Is de toets ver genoeg doorgedrukt, dan glijdt de balk G, getrokken door de veer V_2, achter het vooruitspringende uiteinde H en houdt de toets in deze stand vast. Door min of meer uitdraaien van de schroef F kan de toets op elk station ingesteld worden. De luisteraar kan de schroef (bij neergedrukte toets) zelf verstellen met behulp van een kleine schroevendraaier, waarvan de punt door een opening in het toestel en door de ring R vanzelf naar de kop van de schroef wordt geleid.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

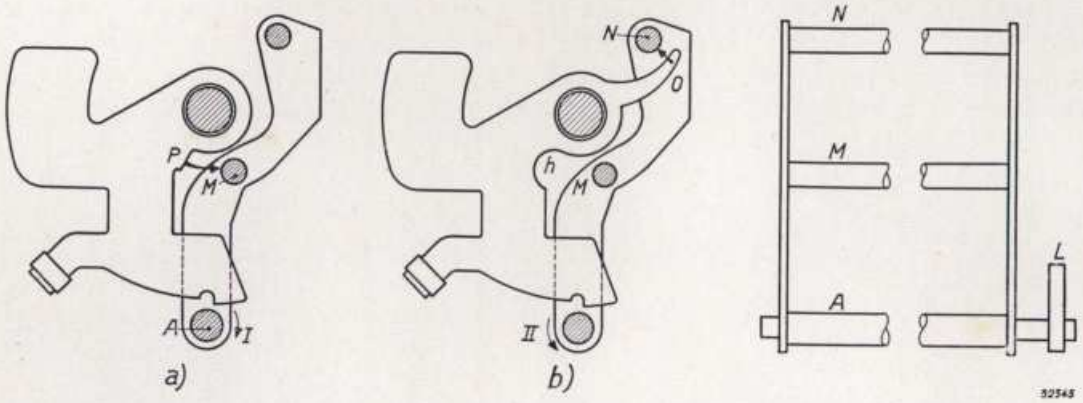


Fig. 10. Mechanisme van de automatische omschakeling van het golfgebied. De omschakelaar wordt aangedreven door de as A via de hefboom L. De as A verloopt evenwijdig met de reeds eerder vermelde schommel (S in fig. 8 en 9) en draagt aan weerskanten een kruk, waarin twee lange pinnen M en N, evenwijdig aan de as, zijn bevestigd. De pin M wordt bij het neerdrukken van een toets, die de vorm (a) heeft, door het vlak P naar achteren geduwd, waardoor via de as A de golfschakelaar in de stand „middengolf" (I) wordt gedraaid. Wordt echter een toets neergedrukt, die de vorm (b) heeft, dan trekt de arm O de pin N naar voren (ter plaatse van P is nu een holte h, waarin de pin M komt te staan) en de golfschakelaar wordt in de stand „lange golf" (II) gedraaid.

bewerkstelligd, is in *fig. 10* weergegeven en toegelicht. Een gedeelte der toetsen is zoo geconstrueerd, dat zij zoowel op lange golf als op middengolf kunnen worden ingesteld. Deze constructie is in *fig. 11* voorgesteld.

Naast de drukknopafstemming is ook een handafstemming aangebracht, voor het geval, dat de gebruiker eens naar andere stations wil luisteren dan die, welke met de toetsen kunnen worden ingeschakeld. Bij het overgaan tot handregeling moet eerst het golfgebied gekozen worden, hetgeen wederom met drukknoppen geschiedt, die op dezelfde wijze werken, als in fig. 10 werd beschreven, die echter geen aanslag voor de schommel bezitten. Op het mechanisme van de handafstemming zullen we hier niet nader ingaan.

Reproduceerbaarheid van de drukknopafstemming

We hebben reeds vermeld, dat de gewenschte reproduceerbaarheid van de afstemming verkregen wordt, wanneer de stand van de schuifcondensator op 0,005 mm nauwkeurig bepaald is. Voor het verkrijgen van een dergelijke nauwkeurigheid is in de eerste plaats vereischt, dat in het geheele afstemmechanisme geen speling optreedt. Dit is verwezenlijkt, door op ieder element van het mecha-

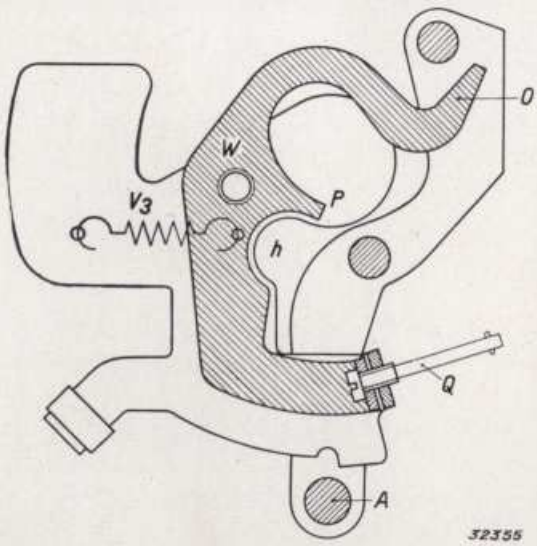


Fig. 11. Een drukknop, die zoowel op stations met lange golf als op stations met middengolf kan worden ingesteld. Is de schroef Q vastgedraaid, dan komt de arm O in werking en de toets schakelt op lange golf om (zie fig. 10b). Is echter de schroef losgedraaid, dan trekt de veer V_3 de om de as W draaibare arm O terug en tevens vult het uitsteeksel P de holte h op, zoodat nu de toets op middengolf schakelt (zie fig. 10a). De schroef Q is op dezelfde wijze door den luisteraar te bereiken als schroef F in fig. 9, echter bij niet neergedrukte toets.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

nisme een veer te laten werken, die het element steeds naar één richting trekt en die er voor zorgt, dat elke aanslag steeds onder een bepaalde druk staat. Met name geldt dit voor de aanslag, die de eindstand der toetsen vastlegt, voor de aanraking tusschen de schommel en de schroefpunt van elke toets, en voor de aanraking tusschen het uiteinde van de condensatoras en de kruk. Hiervan overtuigt men zich gemakkelijk aan de hand van de figuren 8 en 9.

De krachten, die door de verschillende veeren worden uitgeoefend, veroorzaken microscopisch kleine deformaties in de onderdeelen van het mechanisme, vooral in de schommel, die een wringend koppel ondervindt. Deze deformaties kunnen van de orde van grootte der boven vermelde 0,005 mm zijn, hebben echter op zichzelf geen nadeelige invloed op de reproduceerbaarheid, wanneer slechts aan de eisch is voldaan, dat het neerdrukken van een toets steeds precies dezelfde deformaties medebrengt. Nu hangen de deformaties af van de krachten en van de stijfheid van het systeem, en er moet dus voor gezorgd worden, dat de optredende elastische en wrijvingskrachten steeds dezelfde zijn (de stijfheid mag als onveranderlijk beschouwd worden). Dit beteekent practisch, dat geen wrijving mag optreden. Immers, wrijvingskrachten hangen van de richting af, van waaruit de ruststand wordt bereikt, en deze richting heeft men bij het neerdrukken van een toets wegens het optreden van eventueele kleine trillingen niet in de hand. In het hier beschreven mechanisme zijn de wrijvingskrachten, die vooral bij beweging van de condensator en bij de aandrijving van de schaal kunnen optreden, door zorgvuldige uitvoering van de lagers zoo klein mogelijk gemaakt. De invloed van de nog overblijvende wrijving is tot een minimum teruggebracht door het systeem, met name de schommel, een groote stijfheid te geven. Hierdoor worden immers de deformaties klein, en de invloed van eventueele afwijkingen daarin eveneens.

Natuurlijk moeten wringende en buigende krachten, die van buiten zouden worden overgebracht op het raam, waarop het toetsenmechanisme is gemonteerd, zorgvuldig vermeden worden. Aangezien in de practijk dergelijke krachten alleen kunnen worden overgebracht via de kast van het radiotoestel en het chassis, waarop het vermelde raam is bevestigd, kon aan deze eisch worden voldaan door het chassis wringingsvrij in de kast te plaatsen. Hiertoe is het toestel slechts op twee punten in de kast vastgemaakt en steunt het overigens op rubbertules, die een zekere (plastische) deformatie kunnen ondergaan zonder krachten over te brengen [2]).

Behalve de tot nu toe beschouwde elastische deformaties vereischen ook de aandacht eventueele blijvende vervormingen, die in de verschillende aanslagpunten zouden kunnen ontstaan. Om te vermijden, dat in de reeds vermelde aanrakingspunten bij het herhaaldelijk neerdrukken van een toets geleidelijk een pletten van het materiaal optreedt (waardoor de ingestelde frequentie geleidelijk zou dalen) is het materiaal in al deze aanrakingspunten aan het oppervlak gehard.

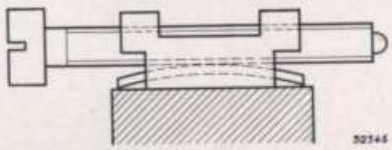


Fig. 12. Constructie van de schroef (*F* in fig. 9), die de aanslag vormt voor de schommel. De schroef loopt in twee halve moeren, waar zij door een bladveertje in wordt gedrukt.

Een geheel andere oorzaak van geleidelijke ontstemming bij het herhaalde neerdrukken van een toets zou kunnen bestaan in een draaien van de schroef, die de aanslag voor de schommel vormt. Dit is vermeden door de in *fig. 12* weergegeven constructie: de schroef loopt in twee halve moeren, waarin zij door een bladveertje wordt gedrukt. De schroef gaat hierdoor bij stooten niet draaien, terwijl zij aan de andere kant ook niet stroef loopt, zoodat de luisteraar haar desgewenscht gemakkelijk kan verstellen.

Bewerkt door S. GRADSTEIN.

[2]) Voor het transport wordt het chassis natuurlijk op een steviger wijze vastgezet.

Rectificatie

In het artikel „Drukcondensatoren" in het Septembernummer (Philips techn. T. 4, 266, 1939) is op pag. 271 abusievelijk vermeld, dat de condensatoren tijdens het bedrijf een temperatuurverhooging van 50-60° ondergaan. Lees hier: de condensatoren nemen (bij normale omgevingstemperatuur) een maximale temperatuur van 50-60 °C aan. De drukverhooging van 20% is gedeeltelijk aan de verwarming van de stikstof te wijten, gedeeltelijk aan de compressie tengevolge van de vrij aanzienlijke uitzetting van de olie (uitzettingscoëfficient $7 \cdot 10^{-4}$ per °C).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

ONTVANGTOESTELLEN MET GEIJKTE STATIONSSCHAAL VOOR KORTE Ggolven

621.396.662 : 621.396.62.029.58

Het afstemmen van een radio-ontvanger in het gebied der korte golven is veel moeilijker dan in het normale omroepgebied, omdat het procentueele verschil in frequentie tusschen naburige zenders zeer klein wordt, zoodat zeer hooge eischen aan de nauwkeurigheid en stabiliteit van het afstemmechanisme moeten worden gesteld. In dit artikel wordt uiteengezet, hoe de problemen, die zich hierbij voordeden, werden opgelost, zoodat men thans ook op korte golven de stations met dezelfde nauwkeurigheid op een geijkte schaal kan vastleggen, als men dit voor omroepzenders gewend is.

Bij het versterken van radiosignalen in een ontvangtoestel treden een aantal problemen op, die des te moeilijker overwonnen kunnen worden, naarmate de frequentie hooger is. Verschillende van deze problemen, in het bijzonder die, welke de ontvangbuizen betreffen, werden reeds eerder in dit tijdschrift uitvoerig behandeld [1]). Maar ook aan andere onderdeelen van een ontvangtoestel, zooals spoelen en condensatoren, worden met toenemende frequentie steeds moeilijker te vervullen eischen gesteld. Het is dan ook niet te verwonderen, dat men in het begin van de omroeptechniek de voorkeur heeft gegeven aan lange golven van de orde van 1000 m en pas geleidelijk tot kortere golven is overgegaan, naarmate het aantal stations en daarmede het benoodigde frequentiegebied steeds grooter werd. Lager dan tot 200 m kon men hierbij oorspronkelijk niet gaan, omdat golven van minder dan 200 m zeer ongunstige voortplantingseigenschappen vertoonen. Later werd echter ontdekt, dat de uitbreiding van radiogolven beneden ongeveer 50 m weer gunstig wordt, en hiervan heeft men in de laatste tijd veelvuldig gebruik gemaakt, zoodat er tegenwoordig regelmatig werkende omroepstations bestaan in een golflengtegebied, dat zich uitstrekt van 13 tot 2000 m.

Door het toenemende gebruik van korte golven, waaronder wij vooral golven beneden ca. 40 m lengte willen verstaan, werd het gewenscht, de afstem-inrichtingen van een ontvangtoestel voor deze korte golven geschikt te maken, zoodat zenders met deze golflengten even gemakkelijk door instellen van een wijzer op een stationsschaal kunnen worden gevonden als zenders van het gewone omroepgebied (200 - 2000 m).

Het afstemmen van een ontvangtoestel

Het afstemmen van een ontvangtoestel geschiedt in het algemeen door omschakelen van zelfinducties (keuze van het golfgebied) en vervolgens door continu veranderen van capaciteiten. De waarden, die de capaciteit der trillingskringen in de beide uiterste standen van de afstemcondensator kan aannemen, verhouden zich ongeveer als 1 : 12, zoodat voor een golflengtegebied, dat continu bestreken kan worden, de grootste en de kleinste golflengte zich ongeveer als $\sqrt{12} = 3{,}5$ verhouden. Men kan dan alle golven bestrijken met de volgende vier golfgebieden, die elk continu door beweging van de afstemcondensator doorloopen kunnen worden:

Tabel I

Golflengtegebied	λ	ν
korte golven I	13 - 45 m	6700 - 23100 kper/sec
korte golven II	45 - 160 m	1900 - 6700 „
normale golven	160 - 560 m	550 - 1900 „
lange golven	560 - 2000 m	150 - 550 „

De kleinste toelaatbare afstand tusschen de frequenties van twee zenders is bepaald door de modulatiefrequentie, die de zender moet kunnen overbrengen, en is voor omroepzenders internationaal vastgesteld op 9 kper/sec. Het frequentieverschil van twee naburige zenders is dus onafhankelijk van de frequentie zelf. Hieruit volgt, dat het gebied der korte golven plaatsruimte heeft voor een belangrijk grooter aantal stations dan het normale omroepgebied. Uit tabel I volgt:

Tabel II

Golflengtegebied	Grootte van de frequentieband	Mogelijk aantal zenders
korte golven I	16400 k per/sec	1800
korte golven II	4800 „	530
normale golven	1350 „	150
lange golven	400 „	45

Door eenzelfde beweging van de afstemcondensator bestrijkt men dus in het ultrakorte golfgebied een twaalfmaal grooter aantal stations dan in het normale omroepgebied. Om een bepaald station te kunnen instellen moet dus de afstembeweging met een factor 12 nauwkeuriger geschieden. Stelt men bijv. de vereischte nauwkeurigheid op 2000 per/sec, dus ruim 1/5 van de afstand tusschen twee stations, dan beteekent dit, dat de instelling van de condensator

[1]) C. J. Bakker, Philips techn. T. **1**, 171, 1936, M. J. O. Strutt en A. van der Ziel, Philips techn. T. **3**, 104, 1938.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

met een nauwkeurigheid van $1:(5\cdot 1800)\sim 0{,}01\,\%$ moet kunnen worden gereproduceerd.

Hoe bereikt men deze hooge nauwkeurigheid?

Om de vereischte nauwkeurigheid te verkrijgen moet de beweging van het afstemmechanisme bij het overgaan van een station naar het volgende bewerkt worden door een voldoend groote beweging van de afstemknop en gepaard gaan met een voldoend groote beweging van de schaalwijzer. Verder moet het aandrijfmechanisme zoodanig uitgevoerd worden, dat het bij een gegeven instelling van de draaiknop de stand van de afstemorganen met een nauwkeurigheid van 0,01% reproduceert. Tenslotte blijkt, dat men de vereischte precisie alleen kan bereiken, indien men speciale maatregelen neemt om te zorgen, dat bij een gegeven instelling van het toestel de eigenschappen der afgestemde kringen niet veranderen door het warm worden van het toestel in bedrijf of door een verandering van de temperatuur in de kamer.

Het vervullen van de eerste eisch wordt vergemakkelijkt door het feit, dat de omroepstations met korte golven niet over het geheele gebied zijn verspreid, maar geconcentreerd liggen in zg. golflengtebanden, die zich in de nabijheid van 13, 16, 20, 25, 30 en 50 m golflengte bevinden. Dit maakt het voordeelig om bij het afstemmen als volgt te werk te gaan. Men stemt eerst af met behulp van vaste schakelelementen op het midden van een der banden en gebruikt vervolgens kleine variatie-elementen om in de band op het gewenschte station af te stemmen. Deze variatie-elementen behoeven bij een beweging over hun geheele slag de afstemming slechts met ongeveer 5% te veranderen in plaats van met een factor 3,5, zoodat de instelling van deze elementen veel minder nauwkeurig behoeft te zijn.

De varatie-elementen behoeven niet in alle afstemkringen te worden aangebracht, maar mogen bij de minst selectieve kringen wel ontbreken. De stand van de variatie-elementen wordt op de gewone wijze door een wijzer op een schaal aangegeven. De stations van een band worden dus als het ware uitgespreid over een aparte schaal. In verband hiermee wordt de hier te behandelen wijze van afstemmen bandspreiding genoemd.

Als vaste schakelelementen kan een reeks van condensatoren in plaats van de variabele condensator worden ingeschakeld. Maar men kan ook aan de variabele condensator een aantal vastgelegde standen geven, bijv. door een soortgelijk mechanisme, als bij drukknopontvangst wordt toegepast. Als variatie-elementen kan men kleine veranderlijke capaciteiten gebruiken, die parallel geschakeld zijn aan de hoofdcapaciteit, of kleine veranderlijke zelfinducties, die met de hoofdzelfinductie in serie staan. Voor de verandering van een zelfinductie bestaan ook weer een aantal verschillende mogelijkheden, die in hetgeen volgt nog ter sprake zullen worden gebracht.

Voor- en nadeelen van verschillende systemen

Een voordeel van het gebruiken van een reeks van vaste condensatoren boven het gebruiken van vaste standen van de afstemcondensator is, dat die onderdeelen, welke met groote nauwkeurigheid moeten worden vervaardigd, niet bewogen worden. Een verder voordeel is, dat bij dit systeem de invloed van de temperatuur op de resonantiefrequentie bijzonder gemakkelijk kan worden gecompenseerd, waarop nog zal worden ingegaan. Een nadeel is daarentegen het groote aantal schakelelementen; men heeft nl., afgezien van het variatie-element, voor iedere trillingskring, die nauwkeurig moet worden ingesteld, evenveel vaste condensatoren noodig als er banden zijn.

Als variatie-element is een veranderlijke condensator gemakkelijker met de vereischte nauwkeurigheid te vervaardigen dan een veranderlijke spoel. Deze laatste heeft echter het voordeel, dat voor de verschillende banden de verdeeling der stations op de resp. schalen gunstiger is, zooals blijkt uit de volgende beschouwing:

Zijn L en C de vaste zelfinductie en capaciteit, Δl resp. Δc de veranderlijke zelfinductie resp. capaciteit, dan is de afstemfrequentie resp.:

$$\nu + \Delta\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\,(C+\Delta c)}} \approx \nu\left(1-{}^1\!/_2\,\frac{\Delta c}{C}\right) \quad (1)$$

of

$$\nu + \Delta\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L+\Delta l)\,C}} \approx \nu\left(1-{}^1\!/_2\,\frac{\Delta l}{L}\right). \quad (2)$$

Wij hebben uit tabel I gezien, dat men de golflengtebanden $\lambda = 13$, 16, 20, 25 en 30 m heel goed met een enkele spoel kan bestrijken. Als men dit doet, is L constant en

$$C = \frac{1}{4\pi^2\nu^2 L}.$$

Door deze waarde in (1) in te vullen volgt voor een variabele condensator:

$$\Delta\nu = -2\pi^2\nu^3 L\,\Delta c, \quad \cdots \quad (3)$$

terwijl voor de variabele spoel geldt:

$$\Delta\nu = -\frac{\nu}{2L}\,\Delta l \quad \cdots\cdots \quad (4)$$

Het liefst zou men zien, dat de stations in alle golflengtebanden even dicht over de schaal waren verdeeld en dit zou beteekenen, dat $\Delta\nu/\Delta c$ resp. $\Delta\nu/\Delta l$ voor de verschillende banden met zeer uit-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

eenloopende frequentie dezelfde waarde had en dus onafhankelijk was van ν. Wij zien, dat dit ideaal in geen van beide gevallen bereikt is; de afstemming met veranderlijke spoel (verg. 4) benadert het echter beter dan die met veranderlijke condensator (verg. 3).

Men zou een constante gevoeligheid van de afstemming, bijv. $\Delta\nu/\Delta c$ = const., kunnen bereiken, door voor elk van de zes banden behalve een andere vaste condensator C_ν ook een andere vaste spoel L_ν te nemen. Uit verg. (1) volgt dan als voorwaarde:

$$\frac{\Delta\nu}{\Delta c} = -{}^1/_2 \frac{\nu}{C} = \text{const.}$$

en dus

$$C_\nu = \frac{\nu}{2 \cdot \text{const.}} ; L_\nu = \frac{1}{4\,\pi^2\,\nu^2\,C_\nu} = \frac{\text{const.}}{2\,\pi^2\,\nu^3} . \quad (5)$$

Wij zien uit verg. (5), dat wanneer we $\Delta\nu/\Delta c$ voor alle banden even groot willen maken, de kringcapaciteit bij korte golven abnormaal groot moet worden genomen. Ze moet nl. — tegen het gebruikelijke verloop in — toenemen met de frequentie. Dit is met het oog op de eisch van een constante resonantiefrequentie als een voordeel te beschouwen. Het zijn nl. juist de kleine parasitaire capaciteiten tusschen de electroden van de radiobuizen en hun toevoerdraden, die sterk veranderen met de temperatuur. Wanneer daarnaast een groote vaste capaciteit aanwezig is, dan hebben deze veranderingen weinig invloed op de afstemfrequentie.

Wij willen nu twee uitvoeringsvormen van de bandspreiding beschrijven, die door Philips werden ontwikkeld: de eerste met een aantal vaste condensatoren voor afstemming op het midden van de banden en een variabele condensator voor de variatie in de band; de tweede met een aantal vastgelegde standen van een variabele condensator voor afstemming op de band en een veranderlijke zelfinductie voor variatie in de band.

1. Bandspreiding met condensator als variatie-element

Het eerste systeem is toegepast in een ontvangtoestel met zes golfgebieden, welke in *tabel III* zijn aangegeven.

Tabel III

I	11 - 19 m	(13 m, 16 m)
II	18 - 31 m	(20 m, 25 m)
III	30 - 54 m	(30 m, 50 m)
IV	52 - 174 m	
V	170 - 570 m	
VI	750 - 2200 m	

Zooals men ziet zijn de golfgebieden dusdanig gekozen, dat de eerste drie telkens twee uit te spreiden banden bevatten. Voor iedere band is een aparte vaste condensator gekozen, daarentegen hebben de twee banden, die telkens in een golfgebied liggen, een gemeenschappelijke spoel. In *fig. 1* is de schakeling weergegeven; het bijschrift geeft een nadere verklaring. De bandspreiding is slechts toegepast op een enkele afstemkring, nl. die van de oscillator. De overige trillingskringen moeten dus langs de gewone weg voldoende nauwkeurig worden afgestemd.

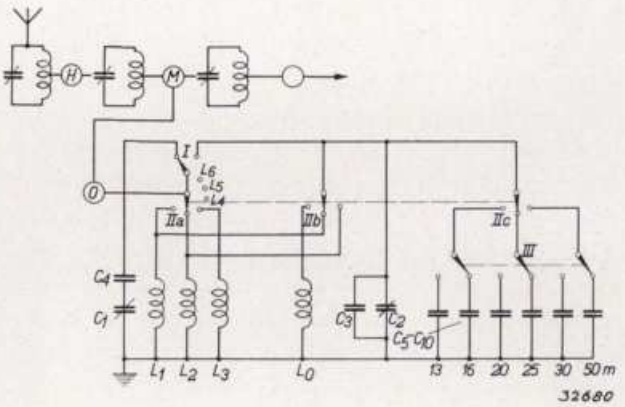


Fig. 1. Schakeling voor bandspreiding: *H* hoogfrequentie-versterking, *M* mengtrap, *O* oscillator van mengtrap. De trillingskring van de oscillator kan op de normale wijze worden afgestemd met de condensator C_1 en de spoelen L_1 tot L_6, waarvan een gekozen wordt door middel van de golfschakelaar *IIa*. Zet men schakelaar *I* om, dan treedt de bandspreiding in werking. Als zelfinducties van de afstemkringen dienen dan telkens paren van parallel geschakelde spoelen en wel resp. $L_0||L_1$; $L_1||L_2$; $L_2||L_3$; terwijl de bijbehoorende vaste afstemcondensatoren door de schakelaars *IIc* en *III* worden gekozen. Parallel met deze condensatoren staat de condensator C_3 voor temperatuurcompensatie en de variatiecondensator C_2 voor de eigenlijke afstemming bij bandspreiding.

Het instellen van het toestel geschiedt nu als volgt: Allereerst wordt met het normale afstemmechanisme van golfschakelaar en drievoudige schuifcondensator de gewenschte band ruw ingesteld. De juistheid van de instelling wordt aangewezen door een groen lampje, dat door middel van een glijcontact in werking wordt gesteld, wanneer de schaalwijzer zich op de schaalverdeeling binnen één van de banden bevindt. Daarna wordt de bandspreiding in werking gesteld door een tweede draaiknop naar buiten te trekken. Hierbij wordt het schuifcondensator-pakket van de oscillatorkring vervangen door een grootere vaste condensator, terwijl gelijktijdig de zelfinductie van de oscillatorkring wordt verkleind door aan de spoel van deze kring een tweede spoel parallel te schakelen. Door nu de vermelde tweede knop te draaien kan de variatie-condensator (eveneens een schuifconden-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

sator) bewogen worden en aldus het gewenschte station worden ingesteld. De stand van de variatiecondensator wordt aangegeven door een afzonderlijke wijzer en een afzonderlijke geijkte schaalverdeeling van de afstemschaal.

Heeft men het gewenschte station gevonden, dan kan men de ontvangst daarvan vaak nog verbeteren, door met behulp van de eerste draaiknop de condensatoren van de eerste twee kringen nauwkeuriger in te stellen, dan oorspronkelijk met behulp van het groene lampje mogelijk was.

Zooals uit fig. 1 blijkt, worden voor de omschakeling van het bandspreidingsmechanisme vijf schakelaars gebruikt. Schakelaar *I* bepaalt het al of niet in werking zijn van de bandspreiding en wordt, zooals gezegd, door uittrekken of indrukken van een knop omgeschakeld. Schakelaar *IIa* is de normale golfschakelaar; schakelaar *IIb* dient voor het kiezen van de gewenschte spoel van de oscillatorkring in het geval van bandspreiding; schakelaar *IIc* dient evenzoo voor het kiezen van de vaste condensator van die kring. Daar de laatste twee schakelaars samen met de golfschakelaar worden bewogen, zou in ieder golfgebied ook een bepaalde oscillatorkring ingeschakeld worden. Dit is echter niet voldoende, omdat, zooals we boven zagen, telkens twee uit te spreiden banden in één golfbereik liggen. Om deze reden is de schakelaar *III* aangebracht, die in ieder golfbereik een keuze doet tusschen twee condensatoren [2]).

Fig. 2. Gaat men over van 13 op 16 m of van 20 op 25 m of van 30 op 50 m, dan moet de schakelaar *III* van fig. 1 worden omgeschakeld. Dit kan steeds geschieden bij eenzelfde stand van de normale afstemcondensator, waarbij de schaalwijzer zoo staat, als in bovenstaande figuur is aangegeven.

De schakelaar *III* moet worden omgeschakeld, wanneer men in een golfgebied overgaat van de ééne band naar de andere band. De golfgebieden zijn zoo gekozen, dat de omzetting van de schakelaar *III* in ieder van de golfgebieden bij dezelfde stand van de schuifcondensator kan geschieden, hetgeen door een mechanische koppeling tusschen de schakelaar en de draaiknop voor de normale afstemming wordt verkregen. De stand, waarbij de omschakeling plaats vindt, is in *fig. 2* weergegeven. Zooals men ziet is in ieder van de eerste drie golfgebieden de eene band gepasseerd, terwijl de andere band nog niet is bereikt.

De constantheid van de afstemming

Zooals gezegd treden in het algemeen zekere variaties van de afstemfrequentie op, doordat verschillende capaciteiten in het toestel met de temperatuur veranderen tijdens het warm worden van het toestel in bedrijf. Het gevolg van deze verwarming is in de eerste plaats een thermische uitzetting van de verschillende elementen, waardoor niet alleen de capaciteiten iets grooter worden maar ook de zelfinducties van de spoelen. Deze vergrooting van de zelfinductie kan voor onze beschouwingen worden vervangen door een aequivalente vergrooting van de capaciteit, dwz. een capaciteitsvariatie, die dezelfde verandering van de afstemming zou veroorzaken.

Naast deze capaciteitsvariaties door thermische uitzetting kunnen ook capaciteitsveranderingen optreden, doordat de diëlectrische constanten veranderen met de temperatuur. Dit geldt hoofdzakelijk voor onderdeelen uit glas en persmassa, zooals de doorvoeren van radiobuizen, de buishulzen, schakelaars enz. Wat de orde van grootte betreft, kan men door het toenemen van de temperatuur een vergrooting van de kringcapaciteit verwachten van ongeveer 0,1 $\mu\mu$F.

Om de invloed van deze verandering klein te houden, zijn twee maatregelen genomen: Ten eerste is de vaste kringcapaciteit groot gekozen; haar waarde is uit de aard der zaak voor iedere band verschillend, maar bedraagt altijd eenige honderden $\mu\mu$F, zoodat reeds hierdoor de variatie van de capaciteit op enkele honderdste percent is gereduceerd. Ten tweede is parallel aan de variatiecondensator een vaste condensator van 50 $\mu\mu$F geschakeld met een speciaal keramisch diëlectricum, waarvan de diëlectriciteitsconstante afneemt met toenemende temperatuur. De capaciteit van deze condensator (C_3 in fig. 1) neemt dus tijdens het opwarmen af en compenseert het toenemen van andere capaciteiten. Op deze wijze kon de vereischte constantheid binnen 0,02% worden bereikt, hetgeen voor de afstemfrequentie een nauwkeurigheid van 0,01% beteekent.

2. Bandspreiding met spoel als variatie-element

Het tweede systeem van bandspreiding werd toegepast in een toestel met slechts vier omschakelbare golfgebieden, die ongeveer zoo verdeeld zijn, als in tabel I is aangegeven. Op vijf banden en

[2]) Twee naburige banden hebben dus telkens een gemeenschappelijke spoel, die derhalve niet nauwkeurig volgens verg. (5) gekozen kan worden. De gevoeligheid is dan ook in de verschillende banden niet precies dezelfde, maar neemt in de opeenvolgende banden afwisselend iets toe en iets af.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

wel die van 13, 16, 20, 25 en 30 m werd bandspreiding toegepast, terwijl de stations, die in de 50 m-band liggen, op de normale wijze moeten worden afgestemd. De uitgespreide banden liggen dus alle in eenzelfde golfgebied (korte golven I).

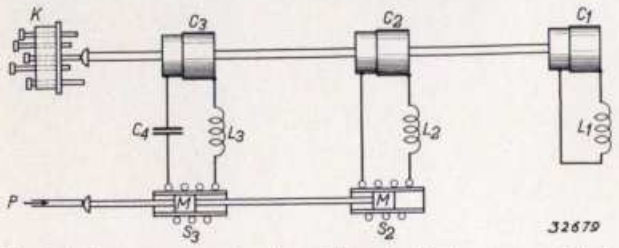


Fig. 3. Schema van een bandspreidingsinrichting met variabele zelfinductie. K revolverkop, waarmee men aan de gelijk lopende schuifcondensatoren C_1, C_2, C_3 één van vijf bepaalde standen kan geven. P pin van het bandspreidingsmechanisme, waarmede door verplaatsing van de ijzeren kernen M de zelfinductie van de spoelen wordt gevarieerd. De afstemming van de kring C_1, L_1 (antennekring) wordt hier niet gevarieerd.

Het schema van de bandspreiding is in *fig. 3* weergegeven. Door middel van een revolverkop K kan de drievoudige schuifcondensator op vijf verschillende vaste standen worden ingesteld, die precies overeenkomen met afstemmingen op het midden van de uit te spreiden banden. Deze instelling moet geschieden met een nauwkeurigheid van 0,01%, hetgeen voor de verschuiving van de condensator neerkomt op een nauwkeurigheid van 1 micron. Na de keuze van de band geschiedt het afstemmen op de verschillende stations in de band door veranderen van de zelfinducties L_2 en L_3 in de tweede trillingskring, resp. in de oscillatorkring. (Bij het eerst beschreven systeem werd alleen de oscillatorkring scherp afgestemd.)

Voor het maken van de variabele zelfinducties L_2 en L_3 bestaan verschillende mogelijkheden, bijv.:

1) in serie met de afstemspoel wordt een winding geschakeld, waarvan de lengte door middel van een glijcontact kan worden veranderd (*fig. 4a*).
2) In serie met de afstemspoel wordt een spoel van enkele windingen geschakeld, waarin een koperen kern verschoven kan worden (fig. 4*b*).

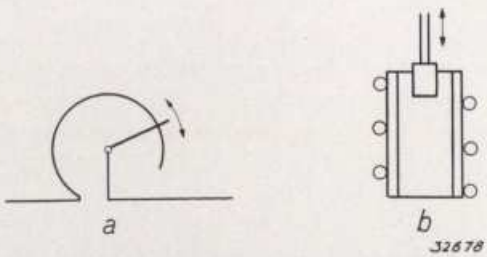


Fig. 4. Verschillende mogelijkheden om de zelfinductie van een spoel te varieeren. *a* Variatie van de lengte van een winding door middel van een glijcontact. *b* Variatie van de zelfinductie van een kleine spoel door beweging van de spoelkern. Deze kan uit koper bestaan, waarin wervelstroomen optreden, die de zelfinductie verlagen; of uit ijzerpoeder, dat door zijn magnetische permeabiliteit de zelfinductie verhoogt. De wervelstroomen in de kern geven een verlaging van de zelfinductie, welke afhangt van de ligging van de kern.

3) In plaats van de koperen kern gebruikt men een kern uit ijzerpoeder. Deze beïnvloedt door zijn permeabiliteit de zelfinductie in de omgekeerde richting als de koperen kern.

Het eerste systeem heeft het bezwaar, dat in de afstemkringen glijcontacten moeten worden aangebracht, welke bij het afstemmen aanleiding kunnen geven tot kraken. Het tweede systeem is in electrisch opzicht minder gunstig dan het derde, omdat de wervelstroomen altijd een verhooging van de demping veroorzaken. Aan de andere kant is het derde systeem moeilijker met de vereischte nauwkeurigheid uit te voeren, omdat het moeilijk is ijzeren kernen met zeer nauwkeurig bepaalde magnetische eigenschappen te vervaardigen. Het bleek echter, dat dit bezwaar opgeheven kon worden door een geschikte constructie van het aandrijfmechanisme voor de beweging van de kern in de spoel; het derde systeem werd dan ook gekozen.

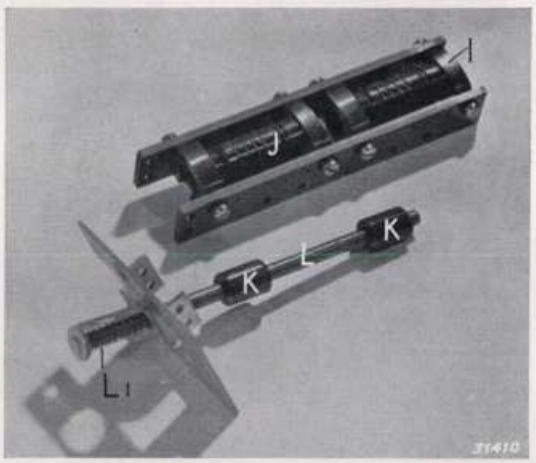


Fig. 5. Spoel met variabele zelfinductie. In twee achter elkaar gemonteerde busjes I uit „Philite" is een schroefdraad van vier windingen J gesneden, waarin een koperdraad is gelegd. Op deze wijze is de vorm van de spoelen nauwkeurig bepaald. In de busjes glijdt een staaf L met twee kernen K, die uit ijzerpoeder zijn geperst.

In *fig. 5* is de spoel met beweeglijke ijzerkern weergegeven; enkele constructieve bijzonderheden zijn in het onderschrift verklaard.

De *fig. 6a* en *b* geven een schets van het aandrijfmechanisme, gezien van tegenovergestelde kanten. Draait men de knop K in de richting van de pijl, dan wordt de moer M eveneens in de pijlrichting bewogen. In de figuur is de moer tot maximale uitslag in de pijlrichting verschoven. De moer drukt de hefboom H naar beneden, deze bevindt zich dus eveneens in zijn laagste stand. De hefboom is gekoppeld met het glijstuk G, dat in verticale

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

richting op en neer bewogen kan worden, en dat door middel van de schroef S_2 de as A met de ijzerkernen naar beneden drukt. Een veer V draagt zorg, dat in het geheele mechanisme geen speling optreedt.

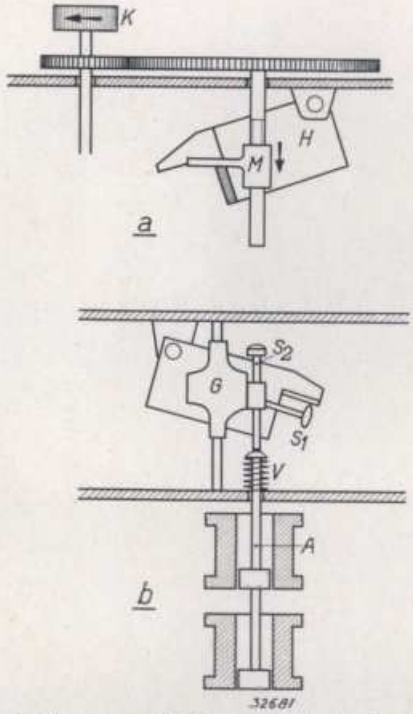


Fig. 6. Het bedieningsmechanisme van de bandspreiding met variabele zelfinductie, gezien van twee tegenovergestelde kanten (*a* en *b*). De plaatsing van de onderdeelen komt niet geheel overeen met de werkelijke uitvoering, maar is zoodanig gekozen, dat de voor de functie belangrijke elementen alle zichtbaar zijn.

Wij zien nu, dat bij de beweging van de ijzeren kernen twee grootheden geregeld kunnen worden, nl. zoowel de de beginstand als de grootte van de slag. Door de schroef S_2 te draaien verandert men de beginstand. Het regelen van de slag geschiedt met behulp van de schroef S_1. Deze schroef is in het glijstuk G bevestigd, terwijl haar kop tegen de hefboom H aandrukt. Wanneer men deze schroef indraait, wordt de werkzame lengte van de hefboom korter en dus de slag kleiner. Door dit regelen van beginstand en slag kan de onderlinge strooiïng in de magnetische eigenschappen van de kernen in voldoende mate worden gecompenseerd.

Constantheid van de afstemming

De variaties van de afstemming met de temperatuur kunnen bij het zoojuist beschreven systeem met variabele zelfinductie veel grooter zijn dan bij het eerst beschreven systeem, omdat nu in de trillingskringen bij korte golven slechts kleine capaciteiten aanwezig zijn. Dit brengt verder met zich mede, dat een eventueele compensatiecondensator eveneens slechts een kleine capaciteit mag hebben.

Zou men in deze compensatiecondensator gebruik willen maken van een diëlectricum met negatieve temperatuurcoëfficient van de diëlectrische constante, dan zou men langs deze weg een condensator moeten construeeren, die een kleine waarde van de capaciteit (ca. 4 $\mu\mu$F) vereenigt met een groote waarde van de capaciteitsverandering met de temperatuur (tot $20 \cdot 10^{-3}$ $\mu\mu$F per °C). Er is geen diëlectricum bekend, dat deze eigenschap bezit.

Het is echter mogelijk, een dergelijke compensatiecondensator toch te realiseeren door middel van een constructie, die in *fig. 7* is weergegeven. Deze berust op het verschil in thermische uitzetting tusschen het aluminium busje A, dat de eene electrode van de condensator vormt, en de staaf C uit keramisch materiaal, die de andere electrode B draagt [3]).

Wanneer de temperatuur toeneemt, wordt de afstand tusschen de electroden A en B grooter en de capaciteit neemt dus af.

Men kan de temperatuurcoëfficient van de capaciteit op een gewenschte waarde instellen door de staaf van keramisch materiaal in de lengterichting te verschuiven. Wanneer men nl. de capaciteit grooter maakt, dan neemt ook de temperatuurcoëfficient toe en wel met het kwadraat van de capaciteit [4]).

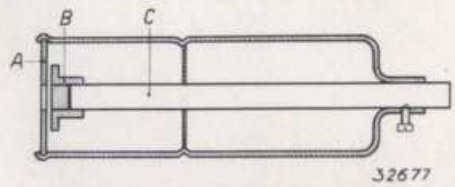


Fig. 7. Condensator voor compensatie van het verloop der afstemming met de temperatuur. In een aluminiumbus A, die de eene electrode van de condensator vormt, bevindt zich een staaf C uit keramisch materiaal, die de andere electrode B draagt. Door het verschil in thermische uitzetting tusschen het aluminium en het keramische materiaal neemt de capaciteit af met toenemende temperatuur.

Door een juiste instelling van de compensatiecondensator, kan men bij ieder toestel de variatie van de oscillatorfrequentie opheffen tot op een restbedrag van enkele kper/sec. Deze rest is toe te schrijven aan het feit, dat bij het warm worden van het toestel verschillende deelen niet met dezelfde snelheid hun eindtemperatuur bereiken.

Bewerkt door G. HELLER.

---

[3]) De uitzettingscoëfficient van aluminium is $24 \cdot 10^{-6}$ per °C, die van het gebruikte keramische materiaal $1{,}5 \cdot 10^{-6}$ per °C.

[4]) Is d de afstand tusschen de platen, dan is de capaciteit

$$C = \frac{F}{4\pi d}$$

en de capaciteitsvariatie bij verandering van d met Δd:

$$\Delta C = -\frac{F}{4\pi d^2}\,\Delta d = -\frac{4\pi}{F}\,C^2\,\Delta d.$$

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

EEN ACOUSTISCHE SPECTROSCOOP

door J. F. SCHOUTEN.

535.33.071 : 534.44 : 778.534.45

Reeds eerder [1]) werd in dit tijdschrift uiteengezet, dat met behulp van strooken geluidsfilm lichtbuigingsverschijnselen zijn teweeg te brengen, welke een onmiddellijke en aanschouwelijke analyse van de op de film opgenomen klank in hare verschillende sinusoïdale componenten mogelijk maken. Voor demonstratiedoeleinden werd een spectroscoop gebouwd, die op het destijds beschreven beginsel berust en die de waarnemer in staat stelt door draaien aan een knop achtereenvolgens een aantal verschillende geluidsspectra te bekijken. Wij geven in *fig. 1* een afbeelding van het toestel en in de *fig. 2 - 11* vergrootingen (10×) van de gebezigde filmstrooken en reproducties van de daarmede verkregen spectra.

Bij de interpretatie dezer spectra moet bedacht worden, dat bij de hier gebruikte amplitude-gemoduleerde geluidsfilm zeer ingewikkelde buigingspatronen ontstaan, en dat alleen de plaats en intensiteit der buigingslijnen op de horizontale as van symmetrie een maat zijn voor de zuivere tonen, waaruit de totale klank is samengesteld. De afstand van de lijnen tot het centrum van symmetrie is evenredig met de frequentie (in de fig. 2 - 11 komt 1 mm overeen met ca. 200 per/sec), de intensiteit met het kwadraat van de amplitude van deze afzonderlijke tonen.

[1]) J. F. Schouten, Lichtbuiging aan geluidsfilm, Philips techn. T. **3**, 303, 1938.

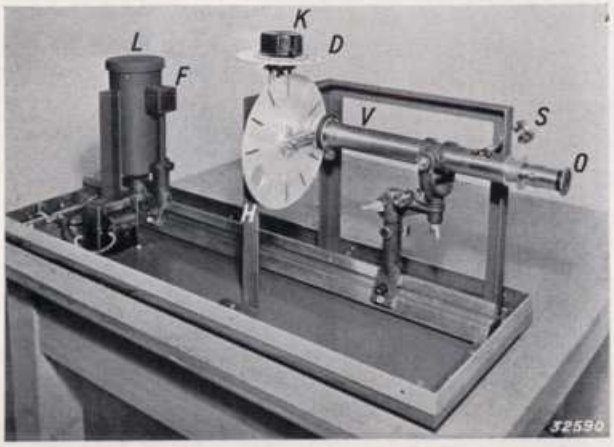


Fig. 1. De acoustische spectroscoop. Een messing plaatje, waarin zich een gaatje met een doorsnede van 30 μ bevindt, wordt belicht door een onmiddellijk daarvoor geplaatste kwiklamp *L* (type HP 75 W). Het gaatje bevindt zich op de as van een verrekijker *V* met 15-voudige vergrooting. Voor het objectief van de kijker is een positieve lens van $2^1/_2$ dioptrieën aangebracht, waardoor het gaatje scherp wordt afgebeeld in het brandpunt van het kijkerobjectief. Het licht wordt monochromatisch gemaakt door een filter *F*, dat alleen het licht van de groene kwiklijn ($\lambda = 5461$ Å) doorlaat. Voor de kijker is een draaibare aluminium schijf *H* geplaatst, welke met behulp van de knop *K* in twaalf, op de verdeeling *D* af te lezen, standen is te brengen. Hiermede kunnen elf filmstrookjes, welke zich langs de omtrek van de schijf bevinden, achtereenvolgens in de lichtweg gebracht worden. De twaalfde stand van de schijf brengt een rond gat voor het kijkerobjectief. Deze stand wordt bij het instellen der onderdeelen gebruikt. Bevindt zich een filmstrookje voor het kijkerobjectief, dan ontstaat in het brandvlak een buigingspatroon, dat met behulp van het oculair *O*, dat is in te stellen met de stelschroef *S*, scherp kan worden waargenomen.

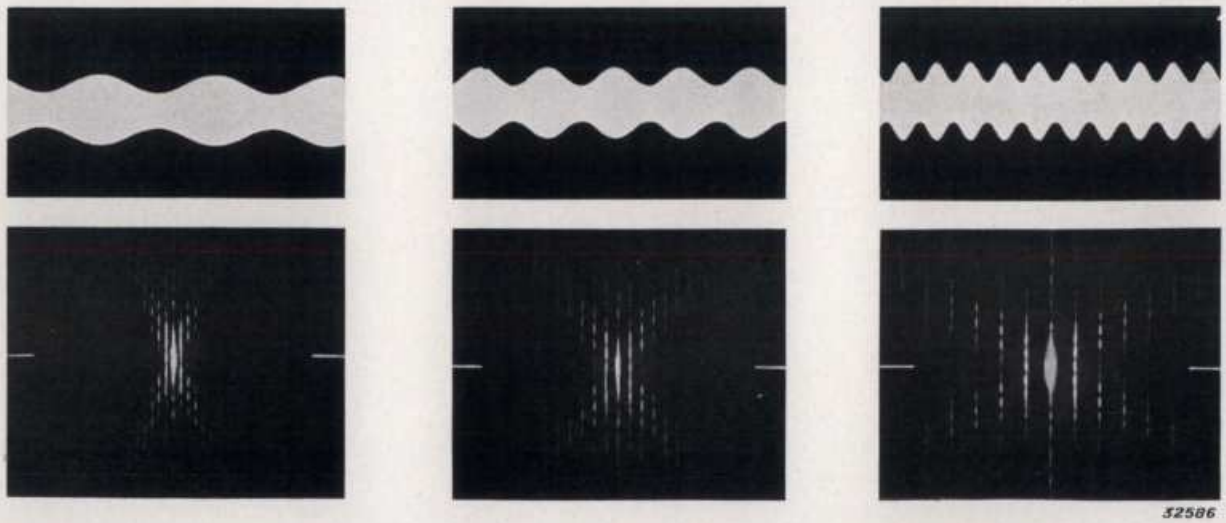


Fig. 2 Fig. 3 Fig. 4

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

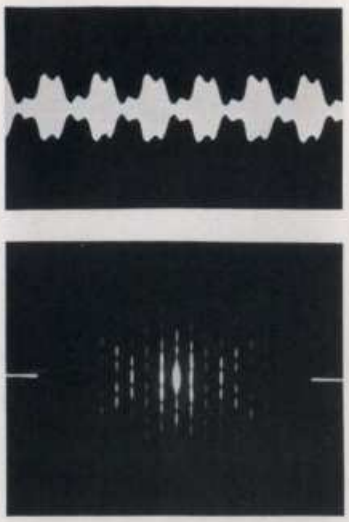


Fig. 5

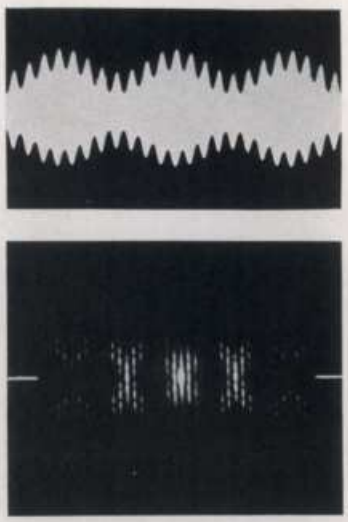


Fig. 6

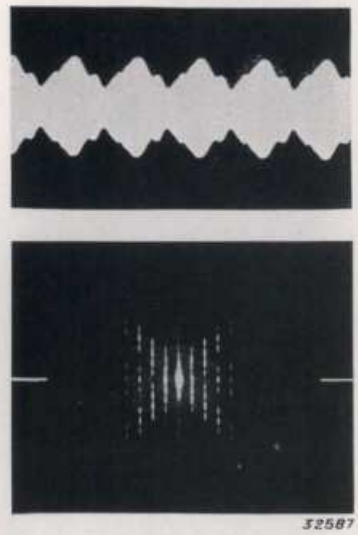


Fig. 7

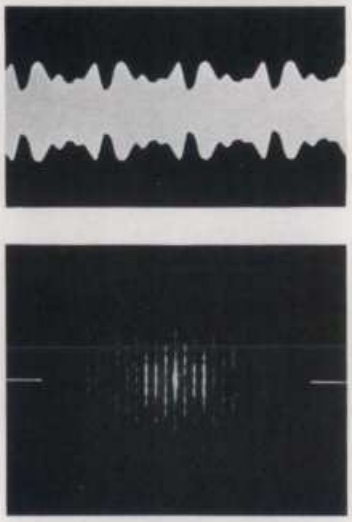


Fig. 8

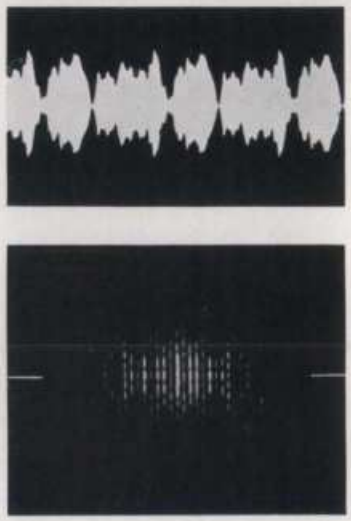


Fig. 9

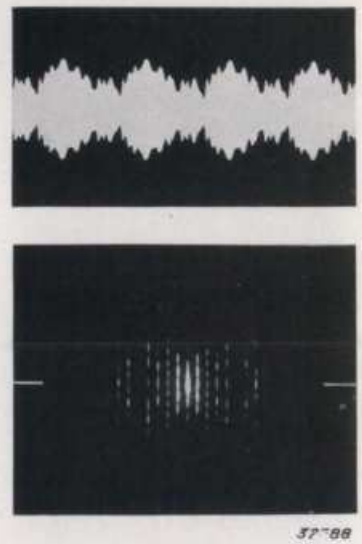
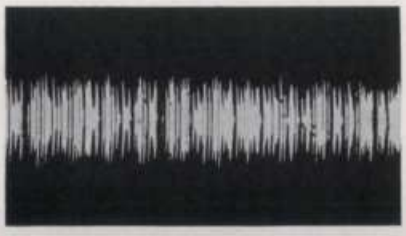


Fig. 10



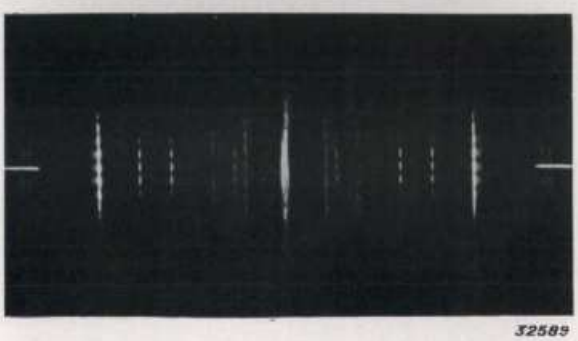


Fig. 11

Fig. 2. Zuivere toon van 230 per/sec. Op de horizontale as zijn alleen de buigingsbeelden van de nulde en de eerste orde te zien. Deze toon is dus zuiver.
Fig. 3. Zuivere toon van 350 per/sec.
Fig. 4. Bijna zuivere toon van 700 per/sec. Ook de tweede orde is nu op de horizontale as te zien. De toon bevat dus een gering aandeel tweede harmonische.
Fig. 5. Toon van 400 per/sec met sterke derde harmonische.
Fig. 6. Klank, bestaande uit 1600 en 210 per/sec. De 1600 en de 210 per/sec zijn op de horizontale as te zien. Het buigingspatroon bevat ook alle combinatiefrequenties, deze hebben echter juist op de horizontale as een sterkte nul en komen dus niet in de klank voor.
Fig. 7. Klarinet. Toonhoogte g′ = 391 per/sec. Karakteristiek voor de klank van de klarinet is het sterke optreden van de derde harmonische, terwijl de tweede harmonische vrijwel ontbreekt.
Fig. 8. Klinker A. Toonhoogte g = 196 per/sec. Karakteristiek voor deze klinker is het vrijwel ontbreken van de grondtoon.
Fig. 9. Viool. Toonhoogte g = 196 per/sec. Karakteristiek voor de viool is het groote aantal harmonischen en, voor deze lage toon, de zeer geringe sterkte van de grondtoon.
Fig. 10. Viool. Toonhoogte d′ = 293 per/sec (gespeeld op de g-snaar). De grondtoon is nu in groote sterkte aanwezig.
Fig. 11. Triangel. Terwijl bij alle tot dusver weergegeven klanken de componenten aequidistant liggen, in overeenstemming met het feit, dat alle samenstellende frequenties veelvouden van een grondfrequentie zijn, is dit bij de triangel niet het geval, de samenstellende frequenties zijn niet harmonisch.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

METINGEN AAN UITGEVOERDE WEGVERLICHTINGSINSTALLATIES

door P. J. BOUMA.

535.24:628.971.6

In het eerste deel van dit artikel worden metingen aan wegverlichtingsinstallaties beschreven (horizontale en verticale verlichtingssterkte, helderheidsverdeeling, reflectiecoëfficienten, zichtbaarheid). Uitvoerig wordt ingegaan op de als voorbeeld gekozen installatie van de weg Vught-Tilburg. In het tweede deel worden aan de hand van het volledige verzamelde materiaal een aantal statistische conclusies getrokken, o.a. omtrent: a) De zichtbaarheid bij verschillende lichtsoorten, bij verschillende wegdekken, bij verschillende vochtigheidsgraden van het wegdek, enz. b) De mate van glimmen van de diverse wegdekken, zowel in droge als in natte toestand. c) Gemiddelde reflectiecoëfficienten van de diverse wegsoorten enz. In het derde deel worden uit het experimenteele materiaal enkele grepen gedaan, die ons bepaalde bijzonderheden van het zien op verlichte wegen illustreeren.

Inleiding

Reeds meerdere malen werden in dit tijdschrift, uitgaande van de eigenschappen van het oog, algemeene richtlijnen gegeven over het verlichten van wegen, in het bijzonder met gasontladingslampen. In aansluiting hieraan leek het ons van belang om eenige gegevens te verzamelen over de verlichtingstoestand, die bij werkelijk uitgevoerde wegverlichtingsinstallaties met gasontladingslampen werd verkregen. Naast technische gegevens, zooals het gebruikte vermogen per strekkende meter, hebben we in de eerste plaats getracht vast te leggen, hoe het licht op de weg valt en op de zich daarop bevindende objecten: Daartoe is het noodig, dat men de horizontale en verticale verlichtingssterkte kent. Voor de beoordeeling van de installatie is echter van grooter belang om te weten, hoe het verlichte wegdek zijn licht in de richting van het waarnemend oog terugstraalt: hiertoe moet de helderheidsverdeeling op het wegdek bepaald worden. Het verband tusschen verlichtingssterkte en helderheid wordt gegeven door de reflectie-eigenschappen van het wegdek, die op hun beurt weer in sterke mate beïnvloed worden door de vochtigheidstoestand van de weg.

Als belangrijk criterium voor de kwaliteit van de wegverlichting noemen we tenslotte de zichtbaarheid, in het bijzonder die op de gunstigste en ongunstigste plaats van het wegdek.

De genoemde grootheden werden, deels door berekening, deels door meting, vastgelegd voor een aantal uitgevoerde installaties [1]).

Beschrijving van de verrichte metingen

We laten hier het volledige getallenmateriaal volgen voor één der bestudeerde installaties, nl. de natriumverlichting van de weg Vught-Tilburg, die als representatief beschouwd kan worden voor de doorsnee natriumverlichtingsinstallatie. De lampen zijn in zigzag-opstelling aangebracht, zooals in *fig. 1* is aangegeven. De ophanghoogte bedraagt

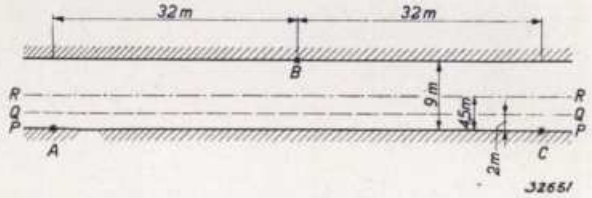


Fig. 1. Weg Vught-Tilburg. Schets van de verlichtingsinstallatie. *A*, *B*, *C* stellen lichtbronnen voor. *RR* is het midden van de weg, *QQ* dat van de rechter rijbaan.

8 m. Toegepast zijn natriumlampen van het type SO 650 (105 watt, 6 500 lumen), geplaatst in email reflectoren type SORA [2]). De as van de lamp ligt horizontaal en loodrecht op de lengterichting van de weg. Het gebruikte vermogen bedraagt 3,24 kilowatt per kilometer, waarbij een hoeveelheid licht van 200 lumen per strekkende meter geleverd wordt. Het wegdek bestaat uit een vrij licht gekleurde soort asphalt en werd in droge toestand bestudeerd.

Horizontale verlichtingssterkte

De horizontale verlichtingssterkte op verschillende plaatsen van het wegdek werd berekend uit de in het laboratorium gemeten lichtverdeelingskrommen van de combinatie natriumlamp-reflector. Het resultaat is in *fig. 2* weergegeven. *A* en *B* stellen twee lichtpunten voor. De hoogste en laagste verlichtingssterkten bedragen resp. 15,9 en 2,1 lux, de gemiddelde waarde is 5,5 lux. Eenige contrôlemetingen werden op de weg verricht; hieruit

[1]) De metingen werden door de schrijver verricht in samenwerking met de Heeren Bergmans en Keitz, terwijl laatstgenoemde in het bijzonder het vervaardigen en uitwerken van de foto's op zich nam.

[2]) Zie ook het artikel: „Natriumlampen", Philips techn. T. **2**, 353, 1937, fig. 2 en 10.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

bleek, dat de berekende waarden inderdaad werden bereikt [3]). De metingen werden zoo dicht mogelijk boven de grond (ongeveer 6 cm) verricht.

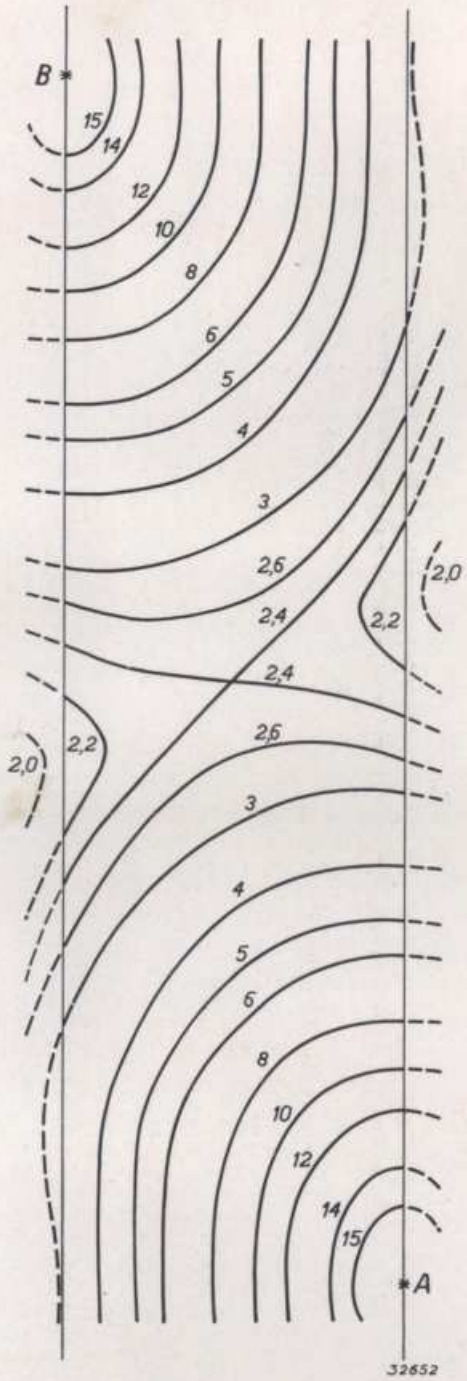


Fig. 2. Weg Vught-Tilburg. Horizontale verlichtingssterkte in lux (berekend). *A* en *B* stellen lichtbronnen voor.

Verticale verlichtingssterkte

Het verloop van de verticale verlichtingssterkte in de lengterichting van de weg werd berekend langs de drie in fig. 1 geteekende lijnen *PP* (onder de lampen door), *QQ* (midden van de rechter rijbaan) en *RR* (midden van de weg), aannemende, dat het opvangvlakje van de luxmeter loodrecht op de lengterichting van de weg stond, en wel zoodanig, dat de in fig. 1 van links komende lichtstralen worden opgevangen. *Fig. 3* geeft de resultaten. Elke kromme vertoont twee maxima; het eerste is aan lamp *A*, het tweede aan lamp *B* te danken. Naarmate men dichter bij het midden van de weg komt, wordt de hoogte dier maxima meer en meer gelijk; uit symmetrie-overwegingen blijkt, dat bij kromme *R* (midden van de weg) de twee toppen identiek moeten zijn. *Fig. 4* geeft een vergelijking tusschen de berekende getallen (voor de lijn *PP*), en de op de weg gemeten waarden. De gemeten punten liggen over het algemeen behoorlijk op de berekende kromme. Hieruit kan men o.a. de conclusie trekken, dat de invloed van het door de weg gereflecteerde licht op de verticale verlichtingssterkte, welke invloed bij de berekening verwaarloosd is, inderdaad zeer klein is. Bij een wegdek als het onderhavige was dit ook te verwachten.

Globale reflectiecoëfficient

Indien men onder „de reflectiecoëfficient van een wegdek" een getallenfactor zou willen verstaan, die ons in staat stelt om uit de horizontale verlichtingssterkte op de weg direct de optredende helderheid van elk weggedeelte te berekenen, dan moeten we vaststellen, dat een dergelijke universeele factor niet bestaat: het verband tusschen verlichtingssterkte en helderheid hangt bij de meeste wegdekken in sterke mate af van de richting van het opvallende licht en van de richting, waarin we het weggedeelte bekijken [4]),

Om ons er echter toch een idee van te geven, of we met een „donker" of „licht" wegdek te maken hebben, voeren we het begrip „globale reflectiecoëfficient" ϱ in. Hieronder verstaan we de reflectiecoëfficient, die het wegdek heeft, wanneer het licht loodrecht invalt en de kijkrichting een hoek van 45° met de normaal maakt [5]). Deze globale reflectiecoëfficient is gemakkelijk te meten door een aantal verschillende matgrijze papiertjes met bekend reflectievermogen onder één der lichtbronnen te leggen, en onder een hoek van 45° te kijken, welk papiertje er even helder uitziet als het wegdek. Voor droge wegdekken geven de gevonden waarden

[3]) Tengevolge van niet tijdig reinigen der reflectoren en uitwisselen der lampen werden bij sommige installaties lagere waarden gevonden dan de berekende.

[4]) Vergelijk bijv. J. Bergmans „Lichtreflectie door wegdekken", dissertatie Delft 1938 en de daarin opgegeven literatuur. Zie ook Philips techn. T. **3**, 321, 1938.

[5]) Nauwkeuriger gedefinieerd: de waarde, die de grootheid $\varrho = 100\,\pi\,B/E$ onder deze omstandigheden aanneemt, waarin ϱ in %, de helderheid B in kaars/m² en de verlichtingssterkte E in lux is uitgedrukt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

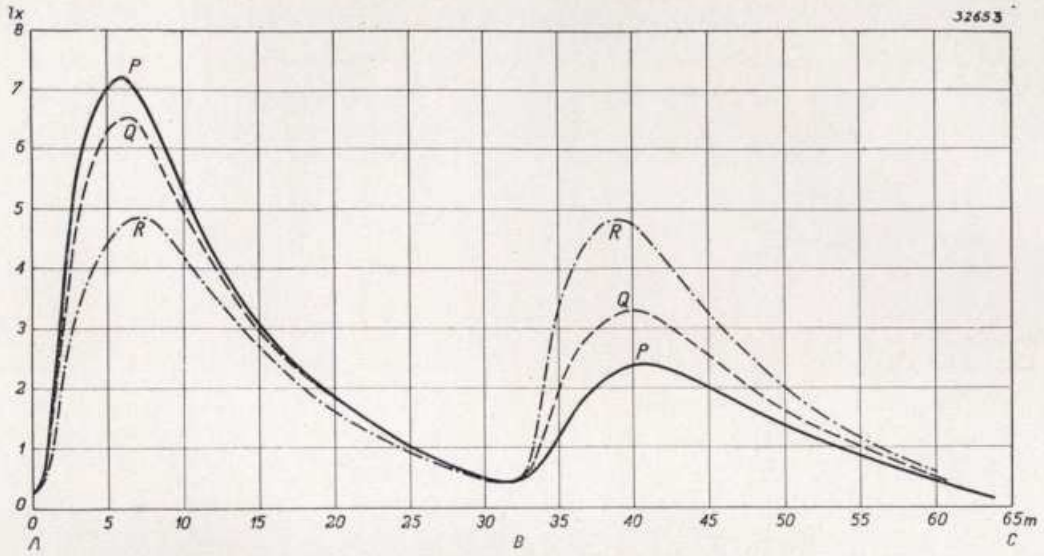


Fig. 3. Weg Vught-Tilburg. Verticale verlichtingssterkte in lux (berekend).
Kromme P: langs de rand van de weg (PP in fig. 1).
Kromme Q: langs het midden van de rechter rijbaan (QQ in fig. 1).
Kromme R: langs het midden van de weg (RR in fig. 1).
Het opvangvlakje van de luxmeter is loodrecht op de as van de weg gedacht, en naar links gericht: A, B en C stellen dezelfde lichtbronnen voor als in fig. 1.

ons bijv. direct een denkbeeld, hoe helder of donker de diverse wegdekken er overdag, bij bewolkte hemel, uit zullen zien. Voor de hier als voorbeeld gekozen weg bedroeg de globale reflectiecoëfficient $\varrho = 11\%$, een voor asphaltwegdekken vrij hooge waarde.

Helderheidsverdeeling over het wegdek

Zooals we reeds opgemerkt hebben, is de kennis van de globale reflectiecoëfficient ten eenenmale onvoldoende om uit de verlichtingssterkten op de weg de helderheidsverdeeling te berekenen. Deze moet afzonderlijk gemeten worden. We hebben dit langs fotografische weg gedaan.

Hiertoe werd uit ooghoogte een opname van de weg gemaakt op een snelle panchromatische plaat, waarvan een horizontale strook was afgedekt. Op deze strook werd later in het laboratorium met dezelfde lichtsoort en belichtingstijd een opname gemaakt van een lichtbak, die aan de voorzijde was afgesloten door een glazen plaat, verdeeld in een aantal vakken met nauwkeurig bekende doorlatingen. Door nu de zwarting van de verschillende deelen van de wegopname te vergelijken met die der vakken van bekende helderheid, kunnen we de helderheid van elk punt van het wegdek bepalen.

Fig. 5 is een afdruk van het gebruikte negatief voor de weg Vught-Tilburg met de zwartingsmerken

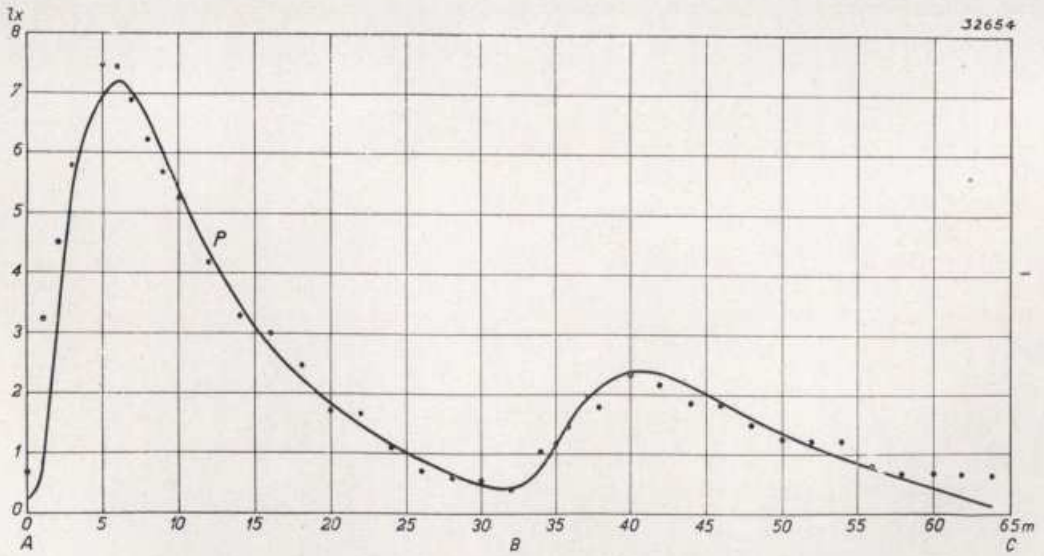


Fig. 4. Weg Vught-Tilburg. Verticale verlichtingssterkte. De kromme stelt de berekende waarden voor (kromme P van fig. 3), de punten de gemeten waarden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

aan de bovenzijde der opname. *Fig. 6* geeft de hieruit afgeleide helderheidsverdeeling van het wegdek. Daar de te meten helderheden niet meer dan een factor 15 uiteenloopen en de zwartingskromme van de gebruikte plaatsoort over een veel grooter gebied een bijna rechtlijnig verloop heeft, konden we gemakkelijk met één opname het geheele helderheidsgebied omvatten.

Fig. 5. Foto van de weg Vught-Tilburg, gebruikt voor het meten van de helderheidsverdeeling, die in fig. 6 is weergegeven. De waarnemer (het fototoestel) bevindt zich op de lijn *QQ* van fig. 1. De met *A* en *B* gemerkte lantaarnpalen komen overeen met de lichtpunten *A* en *B* in fig. 1, 2 en 6. Bovenaan de zwartingsmerken.

Bij het doormeten van de opname werd langs lichtelectrische weg de gemiddelde zwarting bepaald van cirkelvormige vlekjes, die op het negatief een doorsnede van 0,1 mm hebben. Deze vlekjes zouden op de weg onder een gezichtshoek van ruim 2 minuten waargenomen worden, zoodat vrijwel alle details, welke men met het oog nog kan waarnemen, ook op deze wijze teruggevonden kunnen worden.

Vergelijkt men nu de gevonden helderheidsverdeeling (fig. 6) met de verdeeling van de verlichtingssterkte (fig. 2), dan vallen de volgende verschilpunten op:

1) De gebieden van hooge helderheid nabij de palen hebben een veel meer langgerekte vorm dan de gebieden met hooge verlichtingssterkte. In het perspectivische beeld van de weg beteekent dit: de gebieden van hooge verlichtingssterkte zouden zich aan ons oog voordoen als smalle strepen loodrecht op de wegrichting; de gebieden met hooge helderheid zien we als veel minder smalle vlekken.
2) De hoogste helderheid wordt gevonden niet loodrecht onder de lampen maar dichter bij de waarnemer; bij de verwijderde lichtpunten is dit effect meer uitgesproken dan bij de dichtstbijzijnde. Beide genoemde verschillen treden in extreme vorm op bij de natte weg.
3) Fig. 6 toont vele onregelmatigheden tengevolge

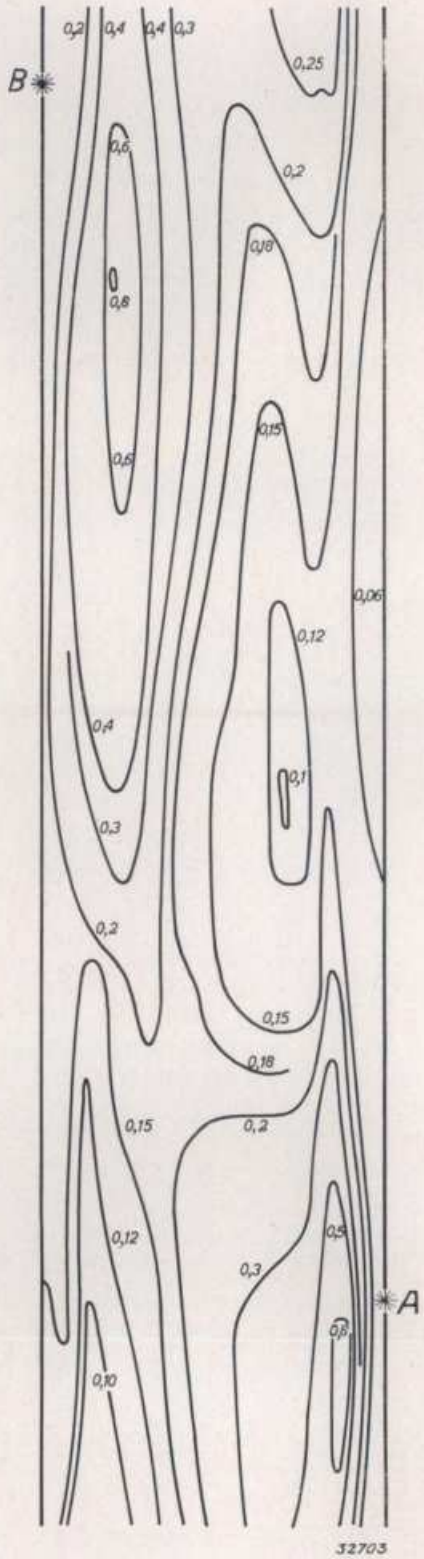


Fig. 6. Weg Vught-Tilburg. Helderheidsverdeeling over het wegdek (in kaarsen/m²).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

van het niet homogeen zijn van het wegdek: ook bij diffuse verlichting overdag zijn in bijna elk wegdek vlekken waar te nemen.

Uit fig. 6 kunnen we tevens zien, dat een voetganger bijna steeds donker tegen het wegdek afsteekt. Heeft hij een overjas aan met een reflectiecoëfficient van 4% (de meeste jassen zijn veel donkerder!) dan zal hij zelfs op punten van hoogste verticale verlichtingssterkte geen hoogere helderheid vertoonen dan 0,09 K/m² en dus nog donker afsteken tegen vrijwel het geheele wegdek.

Niet van alle bestudeerde installaties werd de volledige helderheidsverdeeling bepaald; in een aantal gevallen beperkten wij ons ertoe langs visueele weg de hoogste en laagste helderheid vast te leggen.

Zichtbaarheidsmetingen

De zichtbaarheidsmetingen werden verricht met de vroeger in dit tijdschrift beschreven zichtbaarheidsmeter [6]). Dit instrument stelt ons in staat om gelijktijdig een groot gedeelte van het wegdek en een aantal proefobjecten (ronde stipjes van verschillende helderheid) waar te nemen. Door na te gaan, welke van deze stipjes nog juist waarneembaar is tegen het als achtergrond optredende wegdek, kunnen we vaststellen, welk contrast op de weg nog juist waarneembaar is. Bij de hier behandelde installatie bedroeg dit contrast voor het gunstigste wegdekgedeelte 16,4%, voor het ongunstigste 33,3%. Beide getallen stemmen goed overeen met de gemiddeld voor natriuminstallaties verkregen waarden.

Algemeene gevolgtrekkingen uit het volledige experimenteele materiaal

Zichtbaarheid bij toepassing van verschillende lichtsoorten

Zichtbaarheidsmetingen werden o.a. verricht aan 24 uitgevoerde natrium-installaties, 6 kwikinstallaties en 3 menglichtinstallaties, allen in droge toestand, en tenslotte aan 7 natriuminstallaties in vochtige toestand [7]). *Tabel I* geeft de gemiddelde resultaten weer, nl. de zichtbaarheid Z (als juist waarneembaar contrast in %) op de gunstigste plaats, de zichtbaarheid z op de ongunstigste plaats, het gemiddelde geïnstalleerde vermogen (kW/km) en het gemiddelde aantal geïnstalleerde lumens per meter.

Tabel I

Lichtsoort	Toestand van de weg	Z %	z %	kW/km	lm/m
Natrium	droog	17,2	31,2	3,30	200
Kwik	droog	26,0	35,4	6,43	217
Menglicht	droog	21,4	35,3	10,82	233
Natrium	vochtig	24,1	44,3	3,42	211

De installaties, die tot deze gemiddelden gevoerd hebben, waren in de meeste opzichten goed vergelijkbaar. Alle bezaten afgeschermde lichtbronnen. Hoogte en onderlinge afstand van de palen liepen betrekkelijk weinig uiteen. Ook het aantal lumen per meter is voor de verschillende lichtsoorten vrijwel hetzelfde ($217 \pm 8\%$), zoodat het verschil in resultaten met de zichtbaarheidsmeter vrijwel geheel aan de specifieke eigenschappen van de gebruikte lichtsoort moet worden toegeschreven.

We zien, dat de resultaten voor de natriuminstallaties belangrijk gunstiger zijn, dan voor de andere lichtsoorten, zoowel wat de waarde van Z als wat die van z betreft.

Bedenken wij, dat uit vroegere waarnemingen gebleken is, dat het voor een veilig snelverkeer in het algemeen noodzakelijk is, dat op het grootste gedeelte van de weg contrasten van 25 - 30% nog goed waarneembaar zijn, dan zien we, dat de natriuminstallaties hier allen goed aan voldoen, terwijl het bij de andere lichtsoorten veelal reeds eenigszins op het randje is. We zien verder dat, zoodra de weg eenigszins vochtig wordt, de zichtbaarheid belangrijk daalt: z wordt zeer veel slechter door het ontstaan van donkere plekken, terwijl Z, ondanks het veelal optreden van gedeelten met vrij hooge helderheid, eveneens slechter wordt tengevolge van de sterkere ongelijkmatigheid van de helderheidsverdeeling.

Ook op wegen, verlicht door gloeilampen, gaslicht of minder rigoureus afgeschermde gasontladingslampen werden zichtbaarheidsmetingen verricht. Daar zich echter in ons land te weinig dergelijke installaties bevinden, die, wat hun overige gegevens betreft, voldoende vergelijkbaar zijn met de in tabel I verwerkte gevallen, is het vooralsnog moeilijk om hier een zuivere vergelijking te treffen.

Zichtbaarheid en globale reflectiecoëfficient

De globale reflectiecoëfficient ϱ zegt ons, of we met een donker of licht wegdek te maken hebben. We vonden de volgende gemiddelde waarden:

voor 8 betonwegdekken: $\varrho = 23\%$,
voor 11 keibestratingen: $\varrho = 9\%$,
voor 6 asphaltwegdekken: $\varrho = 8\%$.

[6]) Zie G. Holst en P. J. Bouma, Philips techn. T. **1**, 353, 1936.

[7]) Omtrent de vochtigheidsgraad zie verderop onder „het glimmen van vochtige en natte wegen".

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Bij de keibestratingen variëert de reflectiecoëfficient het sterkste (5-12%); de hoogste globale reflectiecoëfficient, die waargenomen werd, was die van een betonwegdek (29%).

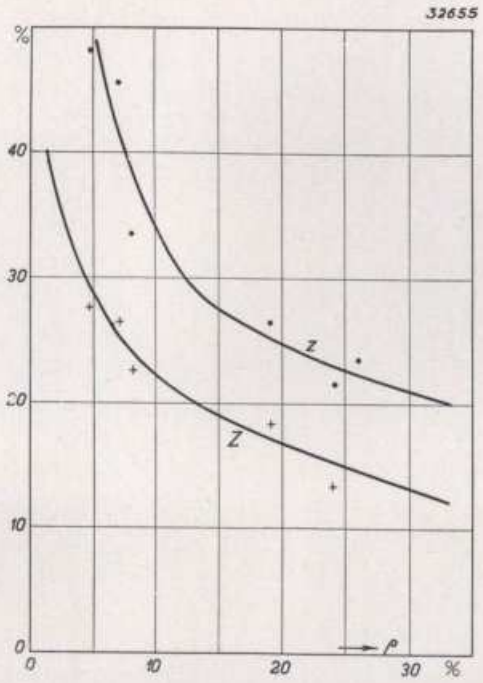


Fig. 7. Zichtbaarheid als functie van globale reflectiecoëfficient van het wegdek, uitgedrukt als nog juist waarneembaar contrast in %. Z is het contrast op de gunstigste, z dat op de ongunstigste plaats van het wegdek. De metingen zijn afkomstig van verschillende gedeelten van de weg Brussel-Antwerpen.

In het algemeen kan men bij gelijksoortige installaties, en bij een droog en niet al te abnormaal wegdek, zeggen: hoe hoogere ϱ, des te hooger gemiddeld helderheidsniveau en des te betere zichtbaarheid. Deze bewering kon getoetst worden aan de hand van eenige gedeelten van de weg Brussel-Antwerpen, die op gelijksoortige wijze met natriumlampen verlicht zijn en alleen, wat de aard van het wegdek betreft, verschillen.

In *fig.* 7 is de zichtbaarheid op deze wegen geteekend als functie van de globale reflectiecoëfficient van het wegdek (z op de ongunstigste, Z op de gunstigste plaats).

We zien hoe, vooral bij reflectiecoëfficienten beneden 10%, de zichtbaarheid snel slechter wordt bij afnemende reflectiecoëfficient.

Dat we hier werkelijk het effect te pakken hebben van de invloed van het gemiddelde helderheidsniveau op de zichtbaarheid, blijkt uit *fig. 8*, die de zichtbaarheid Z als functie van de verlichtingssterkte E weergeeft, gemeten tijdens het invallen van de duisternis op een betonweg, die niet van kunstverlichting was voorzien. Deze kromme vertoont een volkomen analoog verloop.

Het „glimmen" van de weg in droge toestand

Wanneer de weg volkomen „dof" was, m.a.w. volmaakt diffuus reflecteerde, zoodat de reflectiecoëfficient onafhankelijk was van invals- en waarnemingsrichting, dan zou men uit de verlichtingssterkte van een bepaald punt van het wegdek direct de helderheid kunnen berekenen met behulp van:

$$B = \frac{E\,\varrho}{100\,\pi}$$

(B helderheid in K/m²; E horizontale verlichtingssterkte in lux; ϱ globale reflectiecoëfficient in %). In het bijzonder zou men de hoogste optredende helderheid B_M uit de hoogste verlichtingssterkte E_M kunnen berekenen:

$$B_M = \frac{\varrho\,E_M}{100\,\pi}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

In werkelijkheid is de weg niet volkomen dof, zoodat (1) vervangen moet worden door:

$$B_M = K\,\frac{\varrho\,E_M}{100\,\pi}.$$

Hierin is K een grootheid, die afhankelijk is van de reflectie-eigenschappen van het wegdek en van de aard van het verlichtingssysteem, en die ons er een idee van geeft, hoe sterk de verschillen zijn tusschen de werkelijk optredende helderheden en de helderheden, die men bij een diffuus reflecteerend wegdek zou verwachten. Voor een volmaakt diffuus wegdek is $K = 1$.

In het algemeen zullen de afwijkingen van de reflectie-eigenschappen van het wegdek ten op-

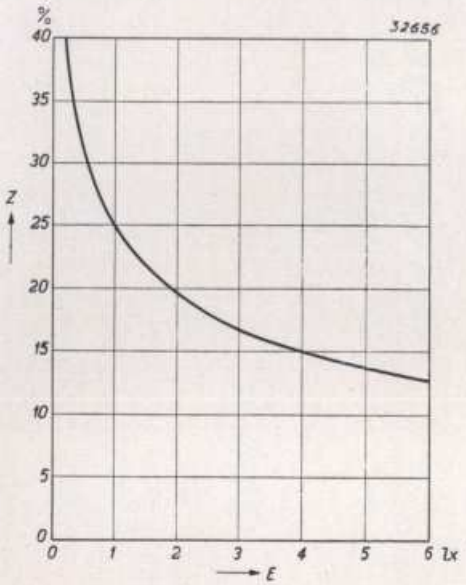


Fig. 8. Zichtbaarheid Z als functie van de verlichtingssterkte E op een weg zonder kunstverlichting, gemeten tijdens het invallen van de duisternis. De vorm van de kromme is dezelfde als in fig. 7.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

zichte van die van een diffuus stralend oppervlak hierin bestaan, dat het wegdek de bijna horizontaal invallende stralen sterker in de richting van ons oog gaat reflecteeren, gewoonlijk ten koste van de hoeveelheid licht, die van andere richtingen uit teruggestraald wordt. Als eerste gevolg zien wij meestal het verschijnsel optreden, dat het gebied van hoogste helderheid niet meer met dat van hoogste verlichtingssterkte samenvalt (zie fig. 2 en 6).

Bij sterk glimmende wegdekken (bijv. in natte toestand) zullen plekken van hooge helderheid optreden: K is aanmerkelijk grooter dan 1. Bij doffe wegdekken kan zich het verschijnsel voordoen, dat de vlek met hoogste helderheid zich al wel heeft verplaatst naar een plek met lagere E, maar dat het reflecteerend vermogen daar ter plaatse nog niet zoo sterk is toegenomen, dat een hoogere B_M ontstaat, dan men uit (1) zou verwachten. Onder deze omstandigheden kan K dus waarden aannemen, die kleiner dan 1 zijn. Bij de in ons land algemeen gebruikelijke methode van verlichting (zg. diepstralers met een afsnijhoek van ongeveer $2\times75°$) is dit voor de meeste betonwegdekken het geval.

Voor de meest voorkomende wegdekken werden gemiddeld de volgende waarden van K gevonden: beton: 0,72; keien: 1,12; asphalt: 1,48 (voor de weg Vught-Tilburg: 1,44).

Opgemerkt zij, dat men de grootheid K met eenige voorzichtigheid moet hanteeren. Het zal nl. mede van de aard van het verlichtingssysteem afhangen, in hoeverre de bijzondere reflectie-eigenschappen van het wegdek aanleiding geven tot het optreden van hooge helderheden, zoodat K feitelijk een grootheid is, die de toestand op een bepaald wegdek karakteriseert bij toepassing van een bepaald verlichtingssysteem, m.a.w. K geeft ons een indruk van de werkelijk optredende helderheidsverschijnselen. Bij totaal andere verlichtingssystemen (waarbij bijv. veel licht onder kleine hoeken met de horizon wordt uitgestraald), zal men andere K-waarden vinden. De hier opgegeven getallen gelden, zooals gezegd, bij toepassing van het in Nederland meest gebruikte systeem.

Een andere grootheid, die nauw samenhangt met de mate van glimmen van het wegdek, is de verhouding $B_M : B_m$ van de hoogste en de laagste optredende helderheid: bij sterk glimmende wegdekken zal deze verhouding hooge waarden aannemen. Het is echter duidelijk, dat deze grootheid in nog veel sterkere mate dan K afhankelijk is van de andere factoren, zooals verlichtingssysteem, breedte van de weg, enz. Als gemiddelde waarden van $B_M : B_m$ voor de door ons gemeten installaties (waarbij enkele installaties van sterk afwijkend type werden weggelaten) vonden we voor beton 4,8; voor keien 8,1; voor asphalt 10,4. Naarmate de weg sterker glimt, zullen zoowel K als $B_M : B_m$ toenemen. Het ligt dus voor de hand om na te gaan, in hoeverre beide grootheden ondubbelzinnig aan elkaar zijn toegevoegd. In *fig. 9* zijn de twee grootheden tegen

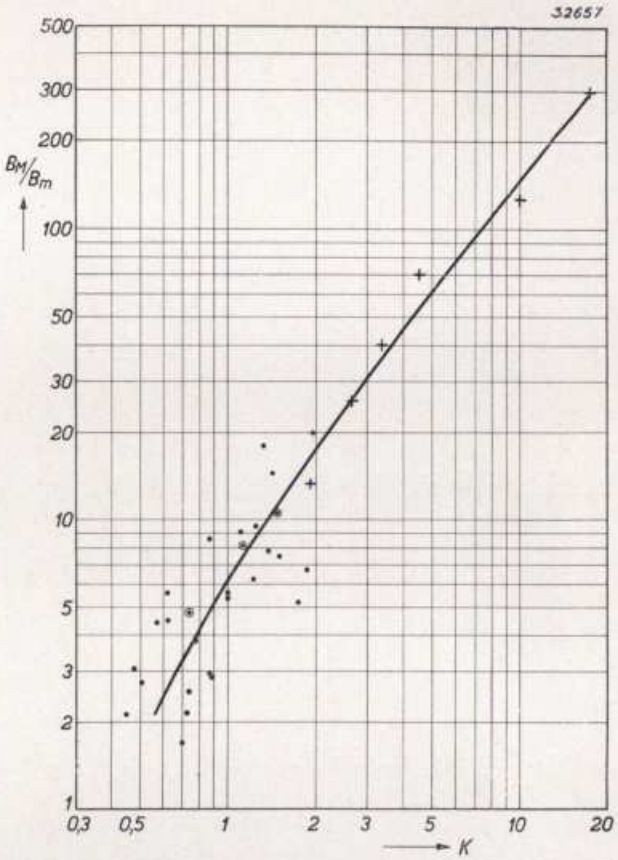


Fig. 9. Correlatie tusschen de beide grootheden $B_M : B_m$ en K, die beide een idee geven van de mate van glimmen van de weg.
● Diverse droge installaties.
⊙ Gemiddelde waarde voor beton-, kei- en asphaltdekken.
+ Diverse vochtige installaties.

elkaar uitgezet. De gewone punten stellen installaties voor met verschillende droge wegdekken, de omcirkelde punten de boven opgegeven gemiddelden voor de drie wegdektypen, de kruisjes eenige installaties in vochtige toestand. Behoudens een vrij sterke strooiïng, die ook wel te verwachten was, zien we, dat er toch een nauwe samenhang tusschen beide factoren bestaat. $B_M : B_m$ neemt sterker toe dan K, zooals ook te begrijpen is: gaat de weg sterker glimmen, dan neemt niet alleen B_M toe, maar gelijktijdig B_m af.

Het „glimmen" van vochtige en natte wegen

Zoodra een wegdek vochtig wordt, gaat het sterker glimmen, zoowel K als $B_M : B_m$ nemen sterk toe. Het is moeilijk om de mate van vochtigheid in

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

getallen uit te drukken. We hebben ons daarom beperkt tot een schatting van de vochtigheid, en wel volgens de volgende schaal:

1) Droog
2) Een weinig vochtig (treedt bijv. reeds als gevolg van nevels op)
3) Vochtig
4) Sterk vochtig
5) Nat (niet tijdens regen, nog geen belangrijke plasvorming)
6) Tijdens matige regen (plasvorming)
7) Tijdens heftige regens (inundatie van het wegdek).

De tot nu toe verstrekte gegevens over vochtige wegen hebben uitsluitend betrekking gehad op de vochtigheidsgraden 1 tot 4.

In *tabel II* zijn enkele gegevens vermeld voor de verschillende vochtigheidstoestanden 1-6. Opgemerkt zij, dat alle waarden voor betonwegdekken betrekking hebben op dezelfde installatie (Boschdijk te Eindhoven), terwijl de gegevens voor asphalt van verschillende installaties (Eindhoven, Haarlem en omstreken) stammen.

Tabel II

Vochtigheids-toestand	$B_M : B_m$		K	
	beton	asphalt	beton	asphalt
1	4,4	7,6	0,60	1,50
2		13,4		1,90
3	26	40	2,7	3,4
4	70	126	4,5	10
4 à 5		300		17
5			12 - 96	34 - 220
6			65 - 740	

Voor de toestanden 5 en 6 (nat en zeer nat) zijn voor K twee waarden opgegeven. De eerste geldt, wanneer we de helderheid van de lichtvlek, veroorzaakt door de dichtstbijzijnde lichtbron (die zich op minder dan 30 meter afstand bevindt), niet meerekenen, het tweede getal, wanneer we deze wel meetellen. Men ziet hier de enorme invloed van het feit, dat men van de dichtstbijzijnde lamp de lichtbron zelf in het wegdek ziet spiegelen, terwijl voor de verder gelegen lichtbronnen dit door de afscherming onmogelijk wordt gemaakt. Bij installaties met niet-afgeschermde lichtbronnen zijn de eerste getallen bijna even hoog als de tweede. Voor een betonwegdek met een vochtigheidstoestand 6 werd bij een dergelijke installatie bijv. gemeten: $K = 410 - 660$.

Fig. 10 illustreert de toename van K en van $B_M : B_m$ met de vochtigheidsgraad voor beton (kromme 1) en voor asphalt (kromme 2). We zien, dat het verschil tusschen beide wegdekken zelfs bij groote vochtigheid nog blijft bestaan. Het is te verwachten, dat voor de grootheid $B_M : B_m$ dit verschil in stadium 7 (overstrooming) verdwenen zal zijn.

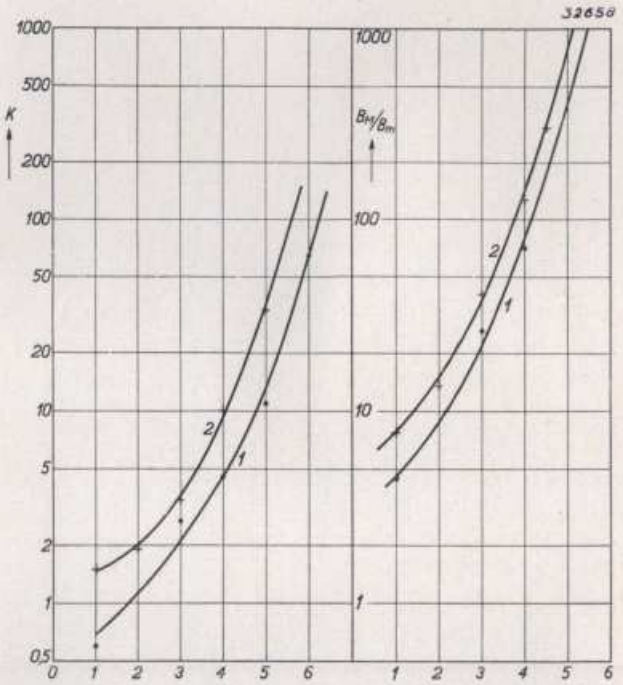


Fig. 10. De grootheden $B_M : B_m$ en K (die beide een idee geven van de mate van glimmen van de weg) bij toenemende vochtigheidsgraad: *1* voor beton; *2* voor asphaltdek.
Voor de beteekenis van de cijfers 1-6 op de abscis zie de tekst.

Zichtbaarheid op de vochtige en natte weg

Tijdens regen (stadium 6-7) heeft het meten met de zichtbaarheidsmeter weinig zin: een belangrijk deel van het wegdek is zoo zwart, dat men zelfs de donkerste stipjes van de meter niet meer kan waarnemen. Er is dan ook geen sprake van, dat men onder dergelijke omstandigheden nog kleine objecten donker tegen de weg zou zien afsteken. Het waarnemen op de kletsnatte weg geschiedt geheel anders, en berust op de volgende grondslagen:

1) De begrenzing van de weg is veelal gemarkeerd door lichtvlekken op de weg; verlichte boomen e.d. kunnen hier een belangrijke hulp vormen.
2) Objecten op de weg schermen veelal een dergelijke lichtstreep af.
3) Objecten op de weg worden door de autolampen helderder gemaakt dan het donkere wegdek.

Omtrent de zichtbaarheid bij de andere vochtigheidsgraden (1-5) hebben we o.m. de volgende gegevens verzameld:

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Tabel III

Vochtigheids-toestand	Beton		asphalt	
	Z	z	Z	z
1 (droog)	8	26	15	26
2			24	43
3			28	48
4	26	48		
5 (nat)	34	62	36	—

De zichtbaarheid is weer uitgedrukt als nog juist waarneembaar contrast in procenten, en wel Z voor de gunstigste, z voor de ongunstigste plaats van het wegdek.

We zien hier duidelijk, hoe de zichtbaarheid op de gunstigste plek — ondanks de toenemende helderheid — sterk afneemt, naarmate de weg vochtiger wordt, terwijl bij werkelijk natte wegen de zichtbaarheid op de ongunstigste plek vrijwel niet meer te meten is.

Eenige bijzondere gevallen

We willen tot slot enkele leerrijke punten naar voren brengen in verband met de zichtbaarheidsmetingen.

Zichtbaarheid en verkeersdrukte

Een druk verkeer op de weg, waarbij in de verte talrijke lichtpuntjes zichtbaar zijn, heeft, ook bij volkomen ontbreken van ongedimde autolampen en slecht gestelde fietslampen, een zeer nadeelige invloed op de zichtbaarheid. Alle tot dusverre genoemde resultaten werden verkregen op tijdstippen, dat er zeer weinig verkeer op de weg was (meestal tusschen 1 en 3 uur 's nachts).

Tabel IV geeft een vergelijking van de zichtbaarheid op eenige willekeurig gekozen droge wegen, met en zonder druk verkeer:

Tabel IV

Weg	Z		z	
	met druk verkeer	zonder verkeer	met druk verkeer	zonder verkeer
a	29½	16½	39	25½
b	44	12½	55	32½
c	25	14½		21
d	28½	10		21½

Zichtbaarheid en ongelijkmatige helderheidsverdeeling

Plaatselijke hooge helderheid geeft niet altijd betere zichtbaarheid. Dat dit bij de natte wegen niet het geval is, hebben we boven reeds gezien (zie tabel III). Ook bij droge wegen troffen we eenige typische gevallen, waarbij plaatselijke hooge helderheid geenerlei nut oplevert.

Het eerste geval deed zich voor op een met natrium verlicht gedeelte van de weg Brussel-Antwerpen, waar de weg uit twee gescheiden banen bestaat, de eene helft met betondek, de andere met donkere, doch vrij sterk glimmende keien. Het algemeene helderheidsniveau was op het keigedeelte belangrijk lager, de maximale helderheid echter in beide gevallen bijna dezelfde. Ondanks dit laatste feit was de zichtbaarheid op de gunstigste plaat van de keihelft veel slechter dan die op de betonhelft (27 tegenover 14%): de ongelijkmatigheid van de helderheidsverdeeling op de glimmende keien maakt de zichtbaarheid slechter. Een nog sterker voorbeeld troffen we nabij Haarlem aan, waar twee helften van een eenigszins vochtige asphaltweg (stadium 2) op gelijksoortige wijze met natriumlampen verlicht waren, met als eenig verschil de toepassing van een ander armatuur, waardoor de helderheidsverdeeling verschillend werd.

Tabel V geeft eenige op deze weg gevonden meetresultaten:

Tabel V

	1e deel	2e deel
Hoogste helderheid B_M	0,47	2,45
Laagste helderheid B_m	0,062	0,044
Zichtbaarheid Z	13½	19½
Zichtbaarheid z	36	42

Het is direct te begrijpen, dat z op het tweede — ongelijkmatigere — deel ongunstiger is. Eenigszins verrassend is echter het feit, dat ook de zichtbaarheid op de helderste plaats voor het tweede deel ongunstiger is dan voor het eerste: de ongelijkmatigheid in de helderheidsverdeeling werkt zoo storend, dat het voordeel van de hoogere plaatselijke helderheid volkomen te niet wordt gedaan. Opgemerkt zij, dat de helderste vlekken op het tweede deel van de weg iets kleiner van afmeting waren dan op het eerste deel. Het hier beschreven opvallende verschijnsel werd door drie waarnemers onafhankelijk van elkaar geconstateerd.

Zichtbaarheid en individueele verschillen

Om het subjectieve karakter, dat elke zichtbaarheidsmeting draagt, zoo weinig mogelijk invloed te doen hebben op de resultaten, werden in het bovenbehandelde materiaal de resultaten van verschillende waarnemers verwerkt. Gewoonlijk trokken we er met drie man op uit; in vele gevallen stonden bovendien vroeger verrichte metingen van andere waarnemers ter beschikking. Deze waarnemers

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

hadden veelal zichtbaarheidsmeters gebruikt met eenigszins afwijkende ijking.

Om al deze metingen goed te kunnen vergelijken, moeten ze gecorrigeerd worden voor individueele verschillen van waarnemer en instrument. Dit geschiedde door een tabel aan te leggen van alle gevallen, waarbij door meerdere personen of met verschillende instrumenten gemeten was. Hieruit kon voor elke combinatie waarnemer-zichtbaarheidsmeter een vaste correctie bepaald worden, die de metingen allen op hetzelfde gemiddelde niveau bracht. In bijna alle gevallen bedroeg deze correctie slechts 1 of 2 stipjes van de zichtbaarheidsmeter. Na aanbrengen van deze vaste correctie klopten de metingen van de verschillende waarnemers bij elke installatie zeer behoorlijk, zoodat we zonder bezwaar het gemiddelde mochten nemen, en tevens de conclusie mogen trekken, dat de in dit artikel beschreven verschijnselen voor alle deelnemende waarnemers bestonden.

HET RENDEMENT VAN LUIDSPREKERS

door J. de BOER.

621.395.623.742

De verdeeling van de toegevoerde energie in een electrodynamische luidspreker wordt besproken en er wordt een vervangingsschema opgesteld, teneinde deze energieverdeeling en daarmee het rendement nader te bestudeeren. Een schatting van het rendement voor een practisch voorbeeld toont aan, door welke oorzaken men voor het rendement slechts een waarde van enkele procenten verkrijgt. De principieele beperkingen, die het bereiken van aanzienlijk hoogere rendementswaarden beletten, worden uiteengezet.

Van een energetisch standpunt bezien, speelt de luidspreker, die bijv. in een radiotoestel is aangebracht, de rol van een transformator, die electrische energie omvormt in acoustische. Een dergelijke beschouwingswijze is practisch van belang, wanneer men naar het vermogen vraagt, dat de versterker moet kunnen leveren, opdat de aangesloten luidspreker geluid van een bepaalde sterkte kan voortbrengen. Evenals bij transformatoren op ander gebied, bijv. in de sterkstroomtechniek, spreekt men in dit verband van een rendement van de energie-omzetting in de luidspreker, en bedoelt daarmee de fractie van de toegevoerde (electrische) energie, die in nuttige (acoustische) energie wordt omgezet. Bij goede luidsprekers vindt men voor het acoustisch rendement waarden van enkele procenten. Vergeleken bij andere methoden van geluidsopwekking is dit niet zoo heel weinig: Jeans geeft in zijn boek „Science and music" op, dat een kerkorgel slechts 0,13% van de bij het aanblazen toegevoerde energie in geluid omzet. Het „rendement" van een pianist zou ongeveer 0,2% bedragen. In de techniek echter, met name bijv. bij „transformatoren" in de engere zin van het woord, is men gewend aan rendementswaarden van meer dan 90%. Hoe komt het, dat vergeleken hierbij de energie-omzetting in de luidspreker zoo ongunstig plaats vindt? Waar blijft de rest van de toegevoerde energie? Door welke factoren wordt het rendement beïnvloed? Ziedaar eenige vragen, waarmee we ons in dit artikel willen bezighouden. Daarbij zullen we ons beperken tot luidsprekers van het electrodynamische type, die voor de practijk het belangrijkst zijn, daar hiermede de beste weergavekwaliteit verkregen kan worden.

Energiebalans van een electrodynamisch luidsprekersysteem

Fig. 1 is een foto van een electrodynamisch luidsprekersysteem, terwijl in *fig. 2* een schematische doorsnede van een dergelijk systeem is weergegeven. In een cylindervormige luchtspleet tusschen de poolschoenen van een magneet beweegt een spoeltje, waaraan een conusvormig membraan is bevestigd. Worden door het spoeltje stroomen gestuurd, die gemoduleerd zijn volgens de trillingen van spraak of muziek, dan beweegt het spoeltje in hetzelfde rhythme en de meebewegende conus deelt deze beweging aan de lucht mede. Geeft men zich rekenschap van de verschillende wijzen, waarop de toegevoerde electrische energie in het systeem kan worden opgenomen, dan komt men tot het volgende overzicht.

Het spoeltje heeft een bepaalde electrische weerstand, waardoor energie in de vorm van warmte

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

wordt gedissipeerd [1]). Bij zijn beweging bezit de massa van spoel en conus een zekere kinetische (wattlooze) energie; er wordt potentieele (eveneens wattlooze) energie in de veerende ophanging van deze energie uit twee componenten bestaat: een wattlooze energie, die door de lucht aan de straler teruggegeven kan worden, en de nuttige acoustische energie [3]).

Fig. 1. Foto van een electrodynamisch luidsprekersysteem (het systeem is opengesneden).

het systeem opgenomen; en er wordt energie door wrijving in deze ophanging gedissipeerd. Tenslotte wordt ook energie aan de lucht afgegeven, en we hebben in een voorafgaand artikel [2]) gezien, dat

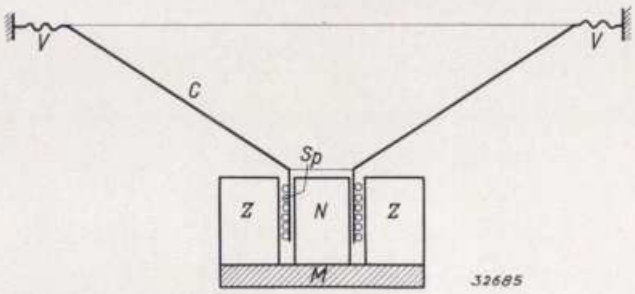


Fig. 2. Schema van een electrodynamische luidspreker. In de luchtspleet tusschen de op de magneet M gezette poolschoenen N en Z (de laatste is ringvormig) beweegt de spoel Sp, waaraan de in V veerend opgehangen conus C is bevestigd. Door Sp worden de met het geluid gemoduleerde stroomen geleid.

[1]) Van de zelfinductie van het spoeltje willen we afzien. Teneinde te beletten, dat de zelfinductie groot wordt, doordat de krachtlijnen van het spoeltje op het grootste gedeelte van hun weg door het ijzer van de poolschoenen zouden loopen, wordt veelal aan binnen- en buitenomtrek van de cylindervormige luchtspleet een koperen ring aangebracht, waarin wervelstroomen ontstaan. Daardoor begint de zelfinductie eerst bij frequenties van de orde van 10 000 per/sec merkbaar te worden.

[2]) A. Th. van Urk en R. Vermeulen, Straling van geluid, Philips techn. T. 4. 225, 1939 (Augustus).

Invoering van een vervangingsschema

Om een overzicht te verkrijgen van de verdeeling der toegevoerde energie over deze verschillende energiereservoirs, willen we een electrisch vervangingsschema van de luidspreker invoeren, d.i. een schema, waarin elk der genoemde energiereservoirs door een electrisch element wordt vertegenwoordigd, dat bij willekeurige frequenties van de op het schema werkende spanning dezelfde energie opneemt als het desbetreffende reservoir in het oorspronkelijke systeem. In *fig. 3a* en *b* zijn vooreerst de mechanische schema's aangegeven voor

a) het bewegende mechanische systeem. Dit bestaat uit de massa M_M van spoel en conus tezamen, die bevestigd is aan een veer met de stijfheid S. Wordt de massa aangedreven, dan ondervindt zij bij haar beweging met de snelheid v een wrijvingsweerstand $W_M \cdot v$.

b) de lucht. Dit schema is in het aangehaalde artikel [2]) afgeleid. Het uitgestraalde acoustisch vermogen beantwoordt aan het vermogen, dat

[3]) Wij onderstellen, dat de conus in een groote schermplaat is geplaatst, zoodat geen energie door een tangentieele luchtbeweging kan worden opgenomen, zie het onder [2]) aangehaalde artikel. De luidspreker straalt naar beide zijden van de plaat.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

in de mechanische weerstand W_A gedissipeerd wordt, wanneer aan de massa M_A een versnelling wordt gegeven. De kinetische energie van de massa M_A is de wattlooze energie, die in de luchtstrooming wordt geïnvesteerd.

Deze twee schema's kan men met de electrische weerstand R_E van de spoel samenvoegen tot het in *fig. 4* weergegeven, geheel electrische schema, waarbij gesteld moet worden:

$$\left.\begin{aligned} L_M &= H^2 l^2 \frac{1}{S} \\ C_M &= \frac{1}{H^2 l^2} M_M \\ R_M &= H^2 l^2 \frac{1}{W_M} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (1)$$

$$\left.\begin{aligned} C_A &= \frac{1}{H^2 l^2} M_A \\ R_A &= H^2 l^2 \frac{1}{W_A} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots (2)$$

H beteekent het (homogeen onderstelde) magneetveld in de luchtspleet en l de lengte van de draad van het spoeltje.

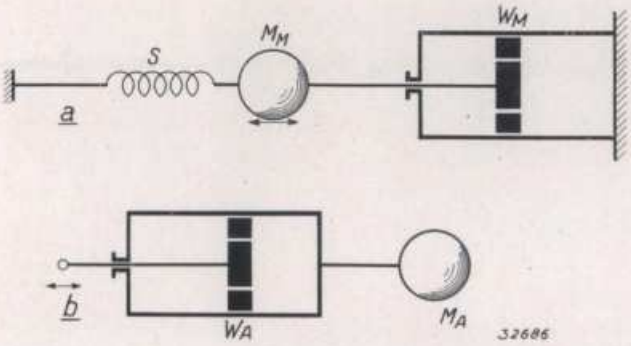


Fig. 3. Schema's van de mechanische gedeelten van het systeem.
a) De massa M_M van spoel en conus tezamen is opgehangen aan een veer met stijfheid S en ondervindt bij haar beweging een wrijvingskracht evenredig met haar snelheid (evenredigheidsfactor W_M).
b) Mechanisch model voor de straling van geluid. De massa M_A vertegenwoordigt de traagheid van de lucht, de weerstand W_A het „energieverlies" door het ontstaan van een geluidsgolf. De in W_A gedissipeerde energie is de nuttige acoustische energie.

Motiveering van het vervangingsschema

Dat het vervangingsschema aan de gestelde eisch voldoet, is als volgt in te zien. We nemen aan, dat het systeem een sinusvormige trilling uitvoert. Voor de beweging van het electrodynamische systeem (fig. 2) gelden nu twee vergelijkingen. De eerste (electrische) vergelijking drukt uit, dat de spanning V aan de uiteinden van de spoelwikkeling gelijk is aan de som van de spanningsafval langs de weerstand R_E en van de tegen-EMK, die bij de

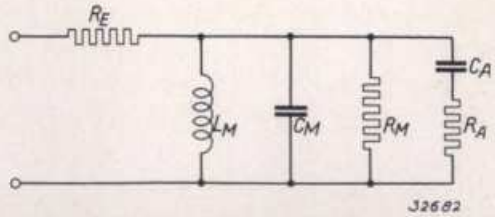


Fig. 4. Geheel electrisch vervangingsschema, waarin elk der energiereservoirs in het luidsprekersysteem (fig. 3*a*, *b*) door een element is vertegenwoordigd en waarbij de energieverdeeling over de elementen identiek is met die over de genoemde reservoirs.

beweging met een snelheid v in het spoeltje wordt geïnduceerd:

$$V = R_E \cdot i + H l v, \quad \ldots\ldots (3)$$

wanneer i de stroomsterkte in de spoel is. De tweede (mechanische) vergelijking zegt, dat de ponderomotorische kracht $H l i$ op de spoel gelijk is aan de reactie van het mechanische systeem:

$$H l i = Z_M \cdot v; \quad \ldots\ldots (4)$$

hierin is Z_M de (complexe) mechanische impedantie, d.i. de verhouding van de kracht tot de snelheid van aandrijving van het mechanische systeem.

Uit verg. (3) en (4) volgt door elimineeren van v:

$$V = i\left(R_E + H^2 l^2 \frac{1}{Z_M}\right) \quad \ldots\ldots (5)$$

Tot de mechanische impedantie Z_M dragen beide in fig. 3 weergegeven systemen bij. Voor de mechanische impedantie Z_{M_1} van het systeem *a* vindt men met behulp van de bewegingsvergelijkingen:

$$Z_{M_1} = \frac{K_1}{v} = W_M + j\,\omega\, M_M + \frac{S}{j\omega}.$$

Voor de mechanische impedantie Z_{M_2} van de lucht (systeem *b* in fig. 3) vindt men [4])

$$\frac{1}{Z_{M_2}} = \frac{v}{K_2} = \frac{1}{W_A} + \frac{1}{j\omega M_A}.$$

De totale kracht op het systeem is de som der krachten K_1 en K_2, dus wordt de totale mechanische impedantie:

$$Z_M = \frac{K_1 + K_2}{v} = W_M + j\omega M_M + \frac{S}{j\omega} + \frac{1}{\frac{1}{W_A} + \frac{1}{j\omega M_A}}.$$

Dit vullen we met iets veranderde schrijfwijze in verg. (5) in en krijgen:

$$\frac{V}{i} = R_E + \frac{1}{\left[\frac{1}{\frac{H^2 l^2}{W_M}} + \frac{1}{\frac{H^2 l^2}{j\omega M_M}} + \frac{1}{\frac{H^2 l^2 j\omega}{S}}\right]} + \frac{1}{\frac{H^2 l^2}{W_A} + \frac{H^2 l^2}{j\omega M_A}} \quad \ldots\ldots (6)$$

[4]) Zie verg. (13) op pag. 228 van het onder [2]) aangehaalde artikel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

De noemer van het tweede lid heeft de vorm van de reciproke impedantie van de parallel-schakeling van vier elementen: een zelfinductie L_M, een capaciteit C_M en een weerstand R_M, die gedefinieerd zijn door vergelijking (1), en een element, dat bestaat uit een serieschakeling van een weerstand R_A en een capaciteit C_A, gedefinieerd volgens (2). De formule (6) drukt uit, dat deze parallelschakeling van vier elementen in serie geschakeld is met de weerstand R_E. Dit is echter juist in het vervangingsschema voorgesteld. Het schema is dus een getrouwe afbeelding van het systeem, wat betreft de impedanties en daarmee ook wat betreft de energieverdeeling.

Toepassing van het vervangingsschema

Aangezien de weerstand R_A in fig. 4 de vervanging voorstelt van de mechanische weerstand W_A van de lucht in fig. 3*b*, moeten we bij het aanleggen van een spanning aan de schakeling fig. 4 het vermogen, dat in de weerstand R_A wordt gedissipeerd, als het nuttige afgegeven vermogen beschouwen. De verhouding hiervan tot het totale in de schakeling opgenomen vermogen is het rendement. Deze verhouding is o.a. bepaald door de stroomverdeeling in de schakeling; de stroomverdeeling echter hangt klaarblijkelijk af van de frequentie. Met name treedt voor een bepaalde frequentie resonantie op tusschen de zelfinductie L_M en de capaciteit $C_M + C_A$ (de in serie met C_A staande weerstand R_A kunnen we hier verwaarloozen, daar bij de resonantiefrequentie $R_A \ll 1/\omega C_A$). Zooals we nog zullen zien, veroorzaakt dit een maximum in het rendement van de luidspreker bij de resonantiefrequentie $\nu_0 = 1/2\pi\sqrt{L_M (C_M + C_A)}$. Van dit maximum kan in de practijk geen profijt getrokken worden, omdat met het oog op de weergavekwaliteit juist een „vlakke" karakteristiek van de luidspreker geëischt wordt, dwz. een constant verloop van het uitgestraalde vermogen als functie van de frequentie bij eenzelfde toegevoerde vermogen. Een dergelijke karakteristiek wordt bij benadering verkregen, door de resonantiefrequentie van de luidspreker zoo laag mogelijk te maken, dusdanig, dat vrijwel het geheele gebied der acoustisch weer te geven frequenties boven de resonantiefrequentie ligt.

Schatting van het acoustisch rendement voor een practisch geval

We willen nu voor een practisch geval aan de hand van het vervangingsschema nagaan, welk rendement bij verschillende frequenties verkregen wordt. In de *tabel I* zijn de voor het opstellen van het schema vereischte grootheden van een bepaalde luidspreker (Philips radioluidspreker 9602) bijeengebracht.

Tabel I

Gegevens voor een radioluidspreker (type 9602).

Werkelijke grootheden		Correspondeerende elementen in het vervangingsschema
$H = 7000$ oersted $l = 523$ cm		Transformatiefactor $H^2 l^2 = 13{,}4 \cdot 10^{12}$ dyne
gemeten	$R_E = 4$ ohm	$R_E = 4$ ohm
	$S = 1{,}44 \cdot 10^6 \frac{\text{dyne}}{\text{cm}}$	$\frac{H^2 l^2}{S} = L_M = 9{,}3$ mH
	$M_M = 5{,}2$ g	$\frac{M_M}{H^2 l^2} = C_M = 0{,}39$ mF
	$W_M = 260 \frac{\text{dyne sec}}{\text{cm}}$	$\frac{H^2 l^2}{W_M} = R_M = 52$ ohm
theoretisch afgeleid voor pulseerende bol met straal $a = 6$ cm	$M_A = 3{,}5$ g	$\frac{M_A}{H^2 l^2} = C_A = 0{,}26$ mF
	$W_A = 1{,}9 \cdot 10^4 \frac{\text{dyne sec}}{\text{cm}}$	$\frac{H^2 l^2}{W_A} = R_A = 0{,}7$ ohm

Bij de omrekening van de mechanische in electrische grootheden volgens verg. (1) en (2) met behulp van de „transformatiefactor" $H^2 l^2$ is nog op te merken, dat bij meting van H in oersted en l in cm de electrische grootheden in absolute electromagnetische eenheden verkregen worden. Teneinde de grootheden in de practische eenheden uit te drukken, moet de factor $H^2 l^2$ nog met 10^{-9} vermenigvuldigd worden.

De electrische weerstand R_E, de stijfheid S van de bevestiging, de massa M_M van spoel en conus tezamen en de wrijvingsweerstand W_M zijn door meting bepaald. De massa M_A en de weerstand W_A van het model fig. 3*b* kunnen we theoretisch afleiden, wanneer we het luidsprekermembraan idealiseeren, bijv. tot een pulseerende bol. In het reeds meermalen genoemde artikel [2]) is de berekening voor dit geval geschied, met het volgende resultaat (zie verg. 14 aldaar):

$$\left.\begin{aligned} M_A &= 4\pi a^3 \varrho \quad , \\ W_A &= 4\pi a^2 \varrho c \, , \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (7)$$

waarbij a de straal van de bol, ϱ de dichtheid van de lucht en c de voortplantingssnelheid van het geluid in lucht beteekent. Voor de genoemde luidspreker kan de straal van de aequivalente pulseerende bol op 6 cm (d.i. ongeveer 0,7 maal de straal van de conusopening) gesteld worden, waaruit de in de tabel opgegeven waarden van M_A en W_A volgen. Deze waarden, en daarmee in het algemeen de volgende beschouwingen, gelden echter alleen voor die frequenties, waarbij de conus van de luidspreker als één geheel trilt, hetgeen tot frequenties van ongeveer 1000 per/sec het geval is.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

In *fig. 5* hebben we het vervangingsschema met opgave der waarden van de verschillende elementen geteekend. Als voorbeeld bepalen we het rendement

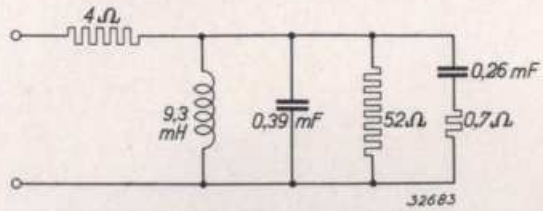


Fig. 5. Het vervangingsschema voor een practisch geval (radio-luidspreker type 9602).

voor een frequentie van 160 per/sec, waarbij dus $\omega = 1000$. Bij deze frequentie hebben de impedanties der diverse elementen de in *tabel II* aangegeven waarden.

Tabel II

In het vervangingsschema optredende impedanties bij $\omega/2\pi = 160$ per/sec.

R_E	= 4	ohm
ωL_M	= 9,3	„
$\frac{1}{\omega C_M}$	= 2,6	„
R_M	= 52	„
$\frac{1}{\omega C_A}$	= 4	„
R_A	= 0,7	„

De shunt-takken ωL_M en R_M kunnen we hier verwaarloozen ten opzichte van $1/\omega C_M$. Voor een ruwe schatting van de stroomverdeeling willen we ook even R_A verwaarloozen ten opzichte van de in serie staande impedantie $1/\omega C_A$. Dan gaat door de keten $C_A R_A$ de fractie $2{,}6/(4 + 2{,}6) = 0{,}4$ van de totale stroom i, die door R_E loopt. In R_A wordt het vermogen $(0{,}4\,i)^2\ R_A$ gedissipeerd, in R_E het vermogen $i^2 R_E$. Het acoustisch rendement η_a bedraagt dus

$$\eta_a = \frac{(0{,}4\ i)^2 \cdot 0{,}7}{i^2 \cdot 4 + (0{,}4\,i)^2 \cdot 0{,}7} = 2{,}7\%.$$

Uit de schatting blijken reeds de oorzaken, waardoor het rendement zoo klein wordt. Ten eerste is hieraan debet het feit, dat R_E aanzienlijk grooter dan R_A is. Immers wanneer de volle stroom door R_A ging, zou het rendement steeds nog slechts $0{,}7/4{,}7 = 15\%$ bedragen. Ten tweede neemt de shunt, die gevormd wordt door C_M, een groote wattlooze stroom op, welke stroom ook door R_E vloeit en daar aanzienlijke verliezen veroorzaakt. Uit het schema in de werkelijkheid terugvertaald, beteekent dit, dat er een groote kracht voor noodig is om de beweging van de spoel en de conus, die op zichzelf geen energie vraagt, te bewerkstelligen. Deze kracht wordt verkregen door een groote stroom door het spoeltje, die in de weerstand van de spoel een aanzienlijke Joulesche warmte ontwikkelt.

In de resonantie vraagt de beweging van het mechanische systeem alleen zóóveel kracht als wegens de wrijving noodig is, de spoel behoeft nu geen wattlooze stroom hiervoor te voeren, en het rendement van de luidspreker is hier dan ook aanzienlijk hooger. In het behandelde voorbeeld ligt de resonantiefrequentie bij 65 per/sec. Men vindt hier een rendement van ongeveer 25%. Gaan we over tot nog lagere frequenties, dan wordt in de shunt de impedantie ωL_M het belangrijkst. Deze impedantie daalt bij afnemende ω, terwijl dan de impedantie $1/\omega C_A$ stijgt. De door R_A loopende fractie van de totale stroom neemt derhalve ongeveer met het kwadraat van ω af. Het rendement, dat evenredig is met het kwadraat van deze fractie, daalt dus beneden de resonantiefrequentie met de vierde macht van de frequentie. Dit is de reden, waarom de resonantiefrequentie van een luidspreker zoo laag mogelijk gelegd wordt.

Bevinden we ons boven de resonantiefrequentie, dan kunnen we, zooals hierboven bij de schatting van het rendement voor een bepaalde frequentie reeds is geschied, de impedanties ωL_M en R_M verwaarloozen ten opzichte van $1/\omega C_M$. Feitelijk gebruiken we dan dus het in *fig. 6* geteekende vereenvoudigde vervangingsschema. De stroomverdeeling in de twee parallele takken is onafhankelijk van de frequentie, zoolang R_A klein is ten

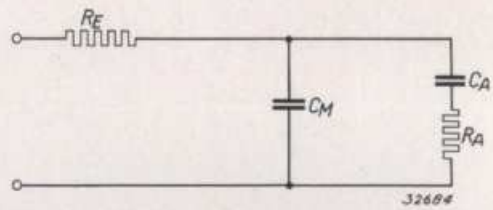


Fig. 6. Vereenvoudigd vervangingsschema, geldig in het frequentiegebied boven de resonantiefrequentie.

opzichte van $1/\omega C_A$. Onder deze voorwaarde is dus het rendement constant, hetgeen tevens beteekent, dat de karakteristiek van de luidspreker het gewenschte vlakke verloop heeft. Bij hooge frequenties echter wordt allengs R_A vergelijkbaar met $1/\omega C_A$; dan daalt bij toenemende frequentie de impedantie van de shunt C_M sneller dan die van de kring $C_A R_A$, de stroomverdeeling wordt ongunstiger, het rendement daalt. In het besproken voorbeeld volgt uit de voorwaarde $R_A = 1/\omega C_A$ een globale waarde van $\omega/2\pi = 900$ per/sec voor de frequentie, waarbij de daling begint. In de practijk

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

evenwel beginnen juist in dit frequentiegebied nieuwe resonanties merkbaar te worden, die te wijten zijn aan trillingsvormen van de conus, waarbij deze niet meer als één geheel beweegt. Door gebruik te maken van deze resonanties is nog tot aanzienlijk hoogere frequenties een eenigszins constant rendement (vlakke karakteristiek) te verkrijgen.

De nauwkeurige berekening van het acoustisch rendement η_a uit de gegevens van tabel I levert de in *fig.* 7 weergegeven kromme. Het stuk tusschen

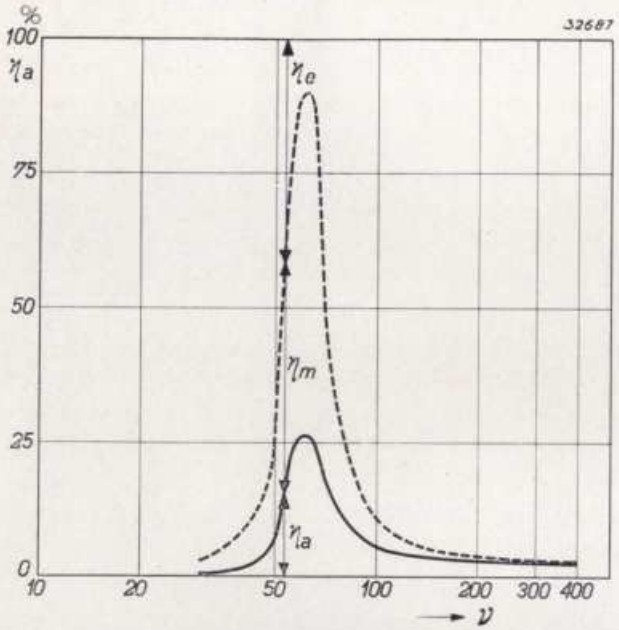


Fig. 7. Verloop van het acoustische rendement η_a (getrokken kromme) van de als voorbeeld behandelde luidspreker, als functie van de frequentie ν in per/sec. Het stuk tusschen de gestippelde kromme en de lijn $\eta_a = 100\%$ geeft het electrisch rendement η_e (de fractie van de energie, die in R_E wordt gedissipeerd). Het tusschen de twee krommen gelegen stuk van elke ordinaat geeft de in de mechanische weerstand (W_M in fig. 3*a*) gedissipeerde fractie η_m van de toegevoerde energie.

de gestippelde kromme en de lijn $\eta_a = 100\%$ geeft het „electrisch rendement" η_e, d.i. de fractie van de toegevoerde energie, die in de electrische weerstand R_E wordt gedissipeerd. Het stuk tusschen de beide krommen geeft het restant η_m weer, nl. het gedeelte van de energie, dat in de wrijvingsweerstand van het mechanische systeem wordt gedissipeerd.

De principieele beperkingen van het rendement

Er is reeds op gewezen, dat het feit, dat het rendement klein is, er in de eerste plaats aan is te wijten, dat R_E in het vervangingsschema ongewenscht groot is. Men zou dus kunnen trachten, de weerstand R_E van het spoeltje kleiner te maken, teneinde een hooger rendement te verkrijgen. De weerstand R_E is gegeven door

$$R_E = \frac{l}{q \cdot \sigma}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

waar l de lengte, q de doorsnede van de draad beteekent en σ het geleidingsvermogen van het draadmateriaal. Nu geldt voor de massa van de wikkeling

$$m_s = l\, q\, \varrho_s, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

waarbij ϱ_s de soortelijke massa van het draadmateriaal is. Deze massa levert in het vervangingsschema een belangrijke bijdrage tot de capaciteit C_M, die immers uit de massa m_s en de massa m_c van de conus afgeleid werd als

$$C_M = \frac{M_M}{H^2 l^2} = \frac{m_s + m_c}{H^2 l^2}.$$

Splitsen we C_M in twee capaciteiten $C_s = m_s/H^2 l^2$ en $C_c = m_c/H^2 l^2$, dan volgt uit (8) en (9)

$$R_E \cdot C_s = \frac{\varrho_s}{H^2 \sigma}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

Bij gegeven veldsterkte en draadmateriaal brengt dus een kleiner maken van R_E, bijv. door vergrooten van de draaddoorsnede bij constant gehouden draadlengte, een vergrooting van C_M met zich mede. Dwz. wanneer we trachten het rendement van de luidspreker te verbeteren door op de genoemde wijze de in R_E gedissipeerde energie te verminderen, dan wordt de stroomverdeeling in het schema in die zin beïnvloed, dat het rendement er kleiner door zou worden. Heeft men eenmaal het optimum gevonden, dat onder deze twee tegenstrijdige invloeden bestaat, dan kan volgens (10) een verdere verbetering alleen worden bereikt door vergrooting van de magnetische veldsterkte en eventueel door de keuze van een ander draadmateriaal.

Bij de vermelde methode om R_E klein te maken, neemt het volume van de wikkeling der spoel en daarmee van de vereischte luchtspleet toe. Dit beteekent, dat we voor eenzelfde veldsterkte H een grootere magnetische energie noodig hebben (zij is immers gegeven door H^2 maal het volume van de luchtspleet), dus ook een grootere hoeveelheid magneetstaal. Voert men met het oog op deze practische overweging de voorwaarde in, dat bij onze pogingen om R_E te verkleinen de luchtspleet niet veranderd mag worden, dwz. dat het product $l \cdot q$ constant moet blijven, dan treedt in de plaats van verg. (10) een nog striktere beperking: de lengte en doorsnede van de draad blijken nu nl. heelemaal geen invloed op het rendement te hebben. Immers, volgens (2) en (8) is $R_A/R_E = \text{const.} \cdot l \cdot q$, dus bij een gelijktijdige verandering van l en q onder de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

voorwaarde $l \cdot q = \text{const.}$ blijft de verhouding R_A/R_E ongewijzigd, terwijl tevens ook de stroomverdeeling in het schema onveranderd blijft, aangezien de impedanties R_A, R_M, ωL_M, $1/\omega C_M$ en $1/\omega C_A$ allen op dezelfde wijze (evenredig met l^2) veranderen.

In het bovenstaande zijn wij uitgegaan van een poging, het rendement te verbeteren door R_E te verkleinen, en zijn daarbij op een principieele beperking gekomen. Wederom teruggrijpend op de hierboven uitgevoerde schatting en de daar gebleken oorzaken van het feit, dat het rendement zoo klein is, zou men nu kunnen trachten het rendement te verbeteren door R_A groot te maken (dwz. de weerstand W_A in het acoustische model fig. 3*b* te verkleinen). Dit zou inderdaad tot het beoogde doel kunnen leiden, wanneer de, betrekkelijk kleine, capaciteit C_A er niet was, dwz. wanneer het ontstaan van het geluid niet aan de versnelling van de, helaas zeer gemakkelijk meegevende, luchtmassa gebonden was. Door de aanwezigheid van deze capaciteit komt men wederom tot een antagonisme van verschillende invloeden, waardoor een essentieele verbetering van het rendement onmogelijk wordt gemaakt. Volgens verg. (2) en (7) is R_A gegeven door:

$$R_A = \frac{H^2 l^2}{4\pi a^2 \varrho c} \quad \cdots\cdots \quad (11)$$

Het ligt voor de hand om R_A groot te maken door de straal van de conus, die evenredig is met de straal a van de aequivalente pulseerende bol, te verkleinen. Dan wordt echter de capaciteit C_A kleiner, want volgens (2) en (7) is

$$C_A = \frac{4\pi a^3 \varrho}{H^2 l^2}, \quad \cdots\cdots \quad (12)$$

en daarmee wordt de stroomverdeeling in de schakeling (fig. 6) zoodanig beïnvloed, dat de verbetering van het rendement wederom tegengewerkt wordt. Weliswaar wordt deze invloed gedeeltelijk gecompenseerd, doordat ook het aandeel C_c van de capaciteit C_M in de shunt omlaag gaat; immers C_c is evenredig met de massa van de conus, die bij verkleinen van de straal ook kleiner wordt. Aangezien het rendement op verschillende wijze van de drie genoemde grootheden R_A, C_A en C_c afhangt, en deze grootheden op hun beurt weer met verschillende machten van a varieeren, is in deze kwalitatieve beschouwing niet direct te overzien, welk effect een verandering van a uiteindelijk op het rendement zal hebben. Een nadere beschouwing leert, dat, wanneer men de verhouding van R_E en C_s steeds op het vermelde optimum (dat van C_c en C_A, dus van de straal a, afhangt) houdt, het rendement langzaam met de straal a toeneemt. Nu hebben we echter gezien, dat voor het verkrijgen van een vlakke frequentiekarakteristiek van de luidspreker vereischt is, dat de impedanties der twee parallel geschakelde takken in het schema van fig. 6 in een groot frequentiegebied gelijkvormig veranderen, zoodat de stroomverdeeling constant blijft. Hiervoor moest aan de voorwaarde $R_A \ll 1/\omega C_A$ zijn voldaan. Voor de grensfrequentie ω_1 van het vlak verloopende gedeelte der karakteristiek kunnen we dus ruwweg de vergelijking opstellen

$$R_A C_A = \frac{1}{\omega_1} \quad \cdots\cdots \quad (13)$$

Nu volgt uit de combinatie van (11) en (12), dat

$$R_A C_A = \frac{a}{c}, \quad \cdots\cdots \quad (14)$$

en het blijkt dus, dat een vergrooting van de conusdiameter tot een besnoeiing van het vlakke stuk der frequentiekarakteristiek zou leiden. Aangezien het rendement slechts langzaam met de straal a varieert, komt men hier derhalve al spoedig tot een grens.

De eenige weg naar een verbetering van het rendement, waarbij men op geen principieele grens stoot, is — wanneer we alle overige grootheden en met name het volume der spoel constant houden — de vergrooting van de magnetische veldsterkte H, waarop bij de bespreking van verg. (10) reeds is gewezen. Men kan dit ook onmiddellijk inzien door de volgende overweging: de „transformatiefactor" $H^2 l^2$ in verg. (1) en (2) neemt met het kwadraat van H toe; alle impedanties in de met R_E in serie staande schakeling (fig. 4) worden in dezelfde mate grooter. De stroomverdeeling (en dus de frequentiekarakteristiek) blijft ongewijzigd, maar R_A wordt grooter in verhouding tot R_E. Bij luidsprekers wordt dan ook het magneetveld zoo sterk gemaakt als practisch mogelijk is.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

1413: W. Elenbaas: Über eine Kombination der hydrodynamischen Theorie des Wärmeübergangs und der Langmuirschen Theorie. II (Physica **6**, 380 - 381, April 1939).

Dit is een nadere uitwerking van **1255**, die bestaat in het aangeven van een functioneel verband tusschen eenige aldaar gebruikte grootheden, wier samenhang nog slechts grafisch was behandeld.

1414: Balth. van der Pol and H. Bremmer: Further note on the propagation of radio waves over a finitely conducting spherical earth (Phil. Mag. **27**, 261 - 275, Mrt. 1939).

In **1338** is aangetoond, dat de Besselfuncties, die optreden bij het probleem der veldsterkteverdeeling over het aardoppervlak op twee manieren benaderd kunnen worden en wel door de eenvoudiger „tangens-benadering" en door de nauwkeuriger „Hankel-benadering". De berekeningen van **1264** zijn nu volgens deze nauwkeuriger benadering overgedaan. De uitkomsten sluiten goed aan bij de geometrisch optische benaderingen, die vóór de horizon gelden, zoodat het verloop der veldsterkte vanaf de onmiddellijke omgeving van de zender tot in het schaduwgebied kan worden aangegeven.

1415: W. Elenbaas: Energieafgifte aan het gas en verdampingssnelheid van een gloeidraad als functie van de druk (Ned. T. Natuurk. **6**, 77-88, Mrt. 1939).

Voor de inhoud van deze voordracht kan verwezen worden naar **1255** en **1413.**

1416: M. J. O. Strutt and A. van der Ziel: Some dynamic measurements of electronic motion in multigrid valves (Proc. Inst. Rad. Eng. **27**, 218-225, Mrt. 1939).

Moderne meetmethoden voor admittanties op korte golven worden beschreven. De admittantie tusschen ingangsrooster en kathode en de complexe steilheid tusschen ingangsrooster en anode worden behandeld. Een penthode wordt beschouwd met het eerste rooster negatief, het tweede positief, het derde negatief of positief en de anode positief. De admittantie van het ingangsrooster wordt berekend en blijkt beïnvloed te worden door de electronen, die vóór het derde rooster terugkeeren. Metingen van deze invloed aan penthoden, hexoden, heptoden en octoden worden besproken. Tenslotte worden formules afgeleid voor de invloed van terugkeerende electronen op de complexe steilheid en worden deze toegepast op de verrichte metingen. De uitkomsten geven aanleiding tot conclusies over de beweging der electronen, die onderling goed in overeenstemming zijn.

1417: F. A. Kröger: Formation of solid solutions in the system zincsulfide-manganesesulfide (Z. Kristallogr. (A) **100**, 543 - 545, Mrt. 1939).

Door verhitten van een mengsel van zinksulfide en mangaansulfide met kaliumchloride als vloeimiddel verkrijgt men mengkristallen van zink- en mangaansulfide. Bij 1180 °C ontstaan mengkristallen met 0 tot 52 molecuulprocenten mangaansulfide. Bij een hooger gehalte aan mangaansulfide scheidt zich zuiver groen mangaansulfide als tweede fase af. Afhankelijk van de verwarmingstemperatuur zijn de mengkristallen met een laag gehalte aan mangaansulfide van het wurtziet- of sfalerieттype. Bij hooger mangaangehalte wordt het steeds de wurtzietstructuur.

1417A: J. W. M. Roodenburg: Tien jaar plantenbestraling (1928-1938) (Vakbl. Biol. **20**, 137-148, Apr. 1939).

Een overzicht wordt gegeven van de resultaten, die men heeft bereikt met bestraling door electrisch licht bij de teelt van planten in de kas. Er is gebleken, dat de lichtbehoefte der planten in minstens drie verschillende factoren is te splitsen: koolzuur-assimilatie, invloed van de lengte van de dag, effect van blauw licht. Hiervoor komt bestraling in aanmerking met resp. neon-, gloeilampen- en kwiklicht.

1418: J. A. M. van Liempt und J. A. de Vriend: Studien über das Verbrennungslicht einiger Metalle und Legierungen. II (Rec. Trav. chim. Pays Bas **58**, 423-432, Apr. 1939).

De lichthoeveelheid, het lichtrendement en de flitstijd van het verbrandingslicht van zuiver thorium en titanium worden bepaald, en evenzoo voor de legeeringen van aluminium met zirconium, titanium, calcium, lithium of met magnesium en zirconium. Het begrip „fotografische lumenseconde" wordt ingevoerd en voorgesteld als eenheid voor de lichthoeveelheid van bliksemlichten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!